www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Jaargang 19, 1957, no. 4 blz. 109-148 Verschenen 19 juni 1957

Philips Technisch Tijdschrift

BEHANDELENDE TECHNISCHE VRAAGSTUKKEN
SAMENHANGENDE MET DE PRODUKTEN, WERKWIJZEN EN ONDERZOEKINGEN
VAN DE N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

DE FUNCTIE VAN TOEVOEGSELS IN WOLFRAAM VOOR GLOEIDRADEN

door J. L. MEIJERING en G. D. RIECK. 621.3.032.321:669.27

Het maken van spiralen van wolfraamdraad die niet vervormen tijdens het gloeien, is een der belangrijkste grondslagen van de moderne gloeilampenfabricage. Reeds enige tientallen jaren geleden ontdekte men dat dit uitstekend gelukte wanneer in de juiste faze van het produktieproces kleine hoeveelheden van sommige oxydes aan het wolfraam werden toegevoegd. Toch is het tot heden niet tot in details bekend welke rol die toevoegsels („dope") nu eigenlijk spelen in het draad. Het hier volgende artikel geeft enkele beschouwingen daaromtrent en een beschrijving van een aantal experimenten die tezamen het beeld hebben helpen verduidelijken.

Sinds het mogelijk werd, metalliek wolfraam in ductiele toestand te bereiden en hiervan draad te trekken, is de gloeilampenfabricage vrijwel uitsluitend op het gebruik van dit metaal als gloeidraadmateriaal gebaseerd. De ontwikkeling van de desbetreffende procédés dateert al van 1909. Nadien is er in de ontwikkeling van de gloeilamp feitelijk nog slechts één revolutionaire stap aan te wijzen, nl. de overgang tot met gas gevulde ballons, waarbij gespiraliseerde (beter: schroefvormig gewonden) en dubbel gespiraliseerde gloeidraden werden ingevoerd. Deze stap, die gebaseerd was op theoretische overwegingen van Langmuir (1912) en die tot een belangrijke verbetering van het lichtrendement heeft geleid [1]), leek aanvankelijk te zullen stranden op het gedrag van de getrokken wolfraamdraden.

Als een spiraal namelijk op hoge temperatuur verhit wordt, zal ze gemakkelijk onder de invloed van de zwaartekracht vervormen, „uitzakken". Een hiermee soms gepaard gaand verschijnsel, dat de vorm en het leven van een gloeiende wolfraamspiraal bedreigt, is het afschuiven langs grenzen van wolfraamkristallen die de gehele draaddiameter innemen [2]) („offsetting", *fig. 1*). Voor we uiteenzetten hoe de genoemde euvelen ingeperkt kunnen worden en welk beeld we thans, mede op grond van enige door ons uitgevoerde experimenten, hebben van wat zich afspeelt tijdens en na het trekken van het draad, zullen we in het kort bespreken hoe zo'n spiraal tot stand komt.

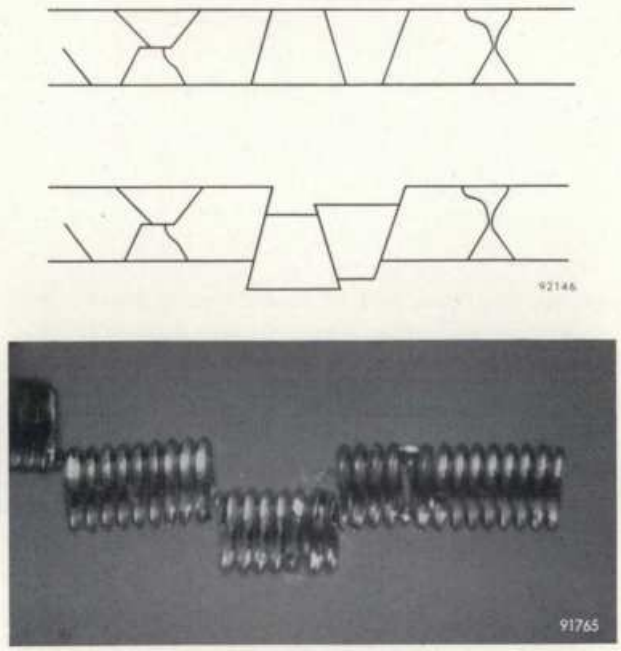


Fig. 1. *Boven:* Schematische voorstelling van het afschuiven van een wolfraamdraad langs kristalgrensvlakken die ongeveer loodrecht op de draadas staan.
Onder: Foto van een spiraal van wolfraamdraad waarin op verscheidene plaatsen een afschuiving heeft plaatsgevonden.

[1]) Vgl. W. Geiss, Philips techn. T. **6**, 338-345, 1941.
[2]) Het zal de lezer duidelijk zijn dat het woord afschuiven hier in een andere betekenis wordt gebruikt dan in de leer der plastische deformaties, en dat het hier dus niet gaat om het afschuiven van een kristal langs een van zijn glijvlakken.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Wolfraamdraad wordt vervaardigd uit staven, en wel door hameren en trekken. Daar wolfraam een zeer hoog smeltpunt heeft (voor een gloeidraad een noodzakelijke eigenschap), maakt men die staven niet door smelten maar volgens de methode der poedermetallurgie. Men gaat uit van zeer fijn metaalpoeder, dat ontstaat door reductie van het oxyde met waterstof, en perst dit onder zeer hoge druk (10-40 kg/mm²) in staafvorm. Door ze in een oven te sinteren, verkrijgen deze staven voldoende stevigheid om gehanteerd te kunnen worden. Door stroomdoorgang kan men nu een dicht onder het smeltpunt gelegen temperatuur bereiken, waardoor het sinterproces zeer veel verder voortschrijdt (wat o.a. blijkt uit de toeneming van de dichtheid). De staven krijgen daardoor voldoende sterkte om een soort smeedbehandeling te ondergaan: witgloeiend worden zij in machines gehamerd, waardoor de dichtheid nog verder toeneemt. De sterk verlengde en dunner geworden staven kunnen tot draad worden getrokken door hardmetalen trekstenen, en bij kleinere diameter door trekstenen van diamant [3]). Als het draad dan ten slotte een diameter van ca. 100 μ bereikt heeft, is de dichtheid 19,2 g/cm³ geworden en dus bijna tot die van het massieve metaal (19,3) gestegen. Dit draad kan om een kern (doorn) gewikkeld worden, zodat een spiraal ontstaat. Wikkelt men deze spiraal (met doorn en al) opnieuw om een doorn, dan krijgt men een dubbele spiraal. De doorns worden langs chemische weg opgelost, nadat men het geheel gegloeid heeft om te bereiken dat de draad zijn (dubbel)gespiraliseerde vorm behoudt en niet terugveert.

Door de sterke deformatie die de kristalletjes in het metaal bij het trekken ondergaan, zijn ze zeer sterk in de draadrichting uitgerekt. Men duidt deze lang uitgerekte kristallen vaak als „vezels" aan. *Fig. 2* toont de zo ontstane vezelstructuur. Wordt een dergelijke draad in de gloeilamp sterk verhit, dan gaat hij rekristalliseren, d.w.z. in het geheel van de zeer vele vervormde kristalletjes ontstaan nieuwe kristallen. Dit rekristalliseren nu moet men beheersen, om te voorkomen dat de spiraal uitzakt of afschuift. Gebruikt men zuiver wolfraam, dan is het aantal nieuwe kristallen na het rekristalliseren vrij groot; zo'n draad zakt gemakkelijk uit. Grotere kristallen die de gehele draaddiameter innemen maar kristalgrenzen hebben die vrijwel loodrecht op de draadas staan, kunnen nog afschuiving veroorzaken.

Het vinden van een, tot goede draden leidend, procédé had nog jaren van intensief onderzoek

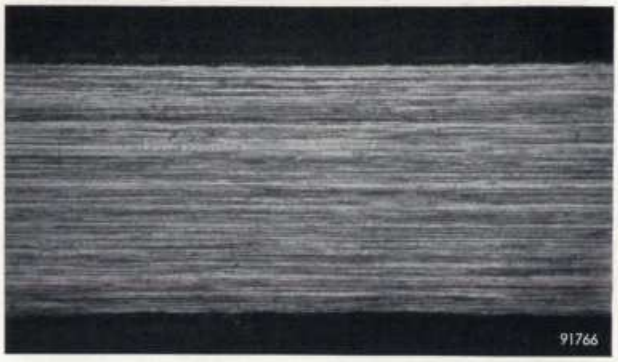


Fig. 2. „Vezelstructuur" van een getrokken, nog niet gerekristalliseerde wolfraamdraad. Vergroting 265×.

kunnen eisen wanneer niet het toeval daarbij te hulp gekomen was. Men vond nl. dat het wolfraam uitzonderlijk goede eigenschappen had wat betreft het uitzakken van de gerekristalliseerde draad of spiraal, wanneer bij de bereiding van het metaal de grondstof (wolfraamoxyde, WO_3) in een „Battersea" kroes verhit werd [4]). Het bleek dat het materiaal van de kroes daarbij voor een uiterst klein deel terecht kwam in het wolfraamoxyde en dat de werkzame bestanddelen hiervan de oxydes K_2O, Al_2O_3 en SiO_2 waren. Toevoeging van deze stoffen aan het wolfraam in het juiste stadium van het fabricageproces bleek bij rekristallisatie van de draad in de lamp tot gevolg te hebben dat de grenzen tussen twee ontstane kristallen lang werden, slechts een kleine hoek met de draadas maakten en veelal zelfs een soort pijlvorm hadden (*fig. 3*). Dit wonderlijke effect is bij lange na niet de enige invloed van de toevoegsels (de zg. „dope") op de eigenschappen van wolfraamdraden en -spiralen. Bespreking van alle invloeden en de onnoemelijk vele proeven die op dit gebied gedaan zijn, zou echter een boek vullen. We willen ons dus beperken tot een beschouwing over de lange en pijlvormige grenzen, welke blijkbaar het uitzakken en afschuiven verhinderen, en zien hoe ver men thans is met de pogingen de invloed van de toevoegsels op het ontstaan daarvan te verklaren.

Voordien willen we nog opmerken dat de desbetreffende stoffen, die in de hoeveelheid van enkele gewichtsprocenten aan het WO_3 worden toegevoegd, gedurende het verdere fabricageproces grotendeels verdwijnen. In de draad zoals hij in de lamp komt, kan men nog slechts ca. 0,01% van de elementen Si en Al aantonen. Toch zijn deze zeer geringe hoeveelheden blijkbaar voldoende om de rekristallisatie op de gewenste wijze te beïnvloeden.

[3]) Vgl. J. D. Fast, Philips techn. T. **4**, 321-328, 1939.

[4]) Het betreft hier een, vroeger in de chemie veel gebruikte, kroes van Al_2O_3-rijk aardewerk van het fabrikaat „Battersea".

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

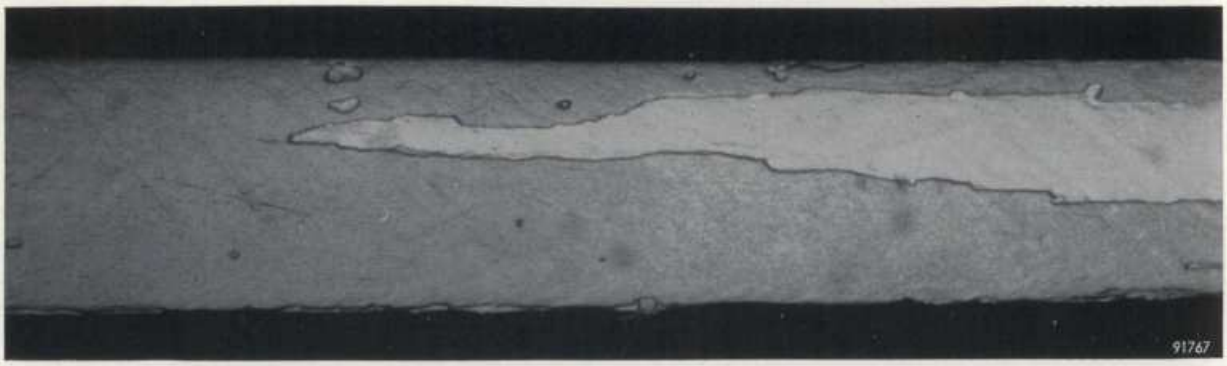


Fig. 3. Pijlvormige grens tussen twee kristallen in een gerekristalliseerde wolfraamdraad. Vergroting 200×.

De vorm waarin de toevoegsels aanwezig zijn en hun invloed op het rekristallisatieproces

Volgens het beeld dat wij thans hebben, moet men zich voorstellen dat de toegevoegde stoffen verbindingen gaan vormen (b.v. kaliumsilicowolframaten of mogelijk ook wolfraambronzen) welke vrij stabiel zijn en misschien wel het reductieproces overleven en die ook niet geheel verdampen bij de hoge temperatuur van het sinteren. Deze verbindingen, of wat er als ontledingsproduct van over is, zijn als niet in het wolfraam oplosbare verontreinigingen, als aparte faze, in het materiaal aanwezig. Het is plausibel dat deze slak-achtige verontreinigingen gedurende het trekken, evenals het metaal, in de lengterichting van het draad uitgesmeerd worden en er langs lijnen of vlakken, die tot buizen gevormd kunnen zijn, in voorkomen. We zullen nu een aantal modelproeven beschrijven die illustreren hoe dergelijke draad- en buisvormige structuren aanleiding kunnen geven tot het ontstaan van de gewenste lange kristalgrenzen [5]).

Modelproeven

We denken ons een stuk draad met in buisvorm aanwezige verontreinigingen, d.w.z. we stellen ons de draad voor als een bundel dunwandige buisjes, waarbij de wand van ieder buisje uit restanten van de toevoegsels bestaat en de ruimte erin gevuld is met fijnkristallijn wolfraam. Door de onregelmatige wijze van ontstaan zijn de buisjes hier en daar verstopt door dwarswanden (dammen) en anderzijds hebben ze ook gaten (lekken) in de wand. In de werkelijke draad zal dit alles nog wat grilliger maar in principe niet anders zijn.

We nemen nu aan dat ergens in het „wolfraam"-gedeelte een kiem van een nieuw kristal ontstaat, welke gaat groeien. In het buisje waarin hij zich bevindt, groeit de kiem onbelemmerd uit tot een kristalletje, doch aan de wanden en bij de dammen in de buis kan dit niet verder groeien. Door een lek in de wand kan echter het kristal doorgroeien in de naastgelegen buis en zich hier eveneens over de gehele buis uitbreiden tot aan de dammen, en eventueel weer verder groeien door lekken in déze buis.

Niet-lekke wanden behoeven niet volkomen dicht te zijn: vanwege kristalgrensenergieën zullen alleen vrij grote lekken passeerbaar zijn (vgl. een vloeistof met een grote oppervlaktespanning, die niet uit een poreus vat weglekt). Verder kan in principe een rij poriën net zo belemmerend werken als een rij vreemde deeltjes.

Wanneer men deze voorstelling tot twee dimensies beperkt, kan men het gebeuren door de volgende eenvoudige modelproeven nabootsen. Men tekent op een vel papier een bundel van een groot aantal evenwijdige lijnen, welke de wanden in de draad voorstellen. Nu moeten op willekeurige plaatsen nog dammen worden aangebracht, waar de buizen doodlopen, en lekken, waar de lange lijnen onderbroken zijn. Voor een eerste serie experimenten kiezen we bij voorbeeld gelijke aantallen dammen en lekken, bij volgende series ongelijke.

Met behulp van een dergelijk schema kunnen we als volgt „rekristallisatie"-experimenten doen. We creëren op twee plaatsen een kiem, welke we langs de buizen en lekken laten uitgroeien volgens bepaalde spelregels. Om de beurt mogen de kiemen een stukje oprukken. Hoe ver ze per beurt mogen groeien, leggen we vast in de genoemde spelregels, die voor iedere groep experimenten anders kunnen luiden. Zo kunnen we b.v. de kristallen om beurten het buisgedeelte waar ze in begonnen zijn, volledig laten opvullen, en ze dus steeds laten wachten tot de volgende beurt alvorens via een lek een naburige buis ingenomen mag worden. Dit komt overeen

[5]) J. L. Meijering, Modellversuche über das Entstehen des Stapeldrahtgefüges in Wolfram, gepubliceerd in Warmfeste und korrosionsbeständige Sinterwerkstoffe, 2. Plansee-Seminar 1955, Reutte/Tirol, blz. 305-312 (verschenen in 1956).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

met de veronderstelling dat het passeren van een lek relatief veel tijd kost. Ook kunnen we ze met constante snelheid laten groeien. *Fig. 4a* toont zulk een groeiend „kristal".

Twee aldus groeiende kristallen zullen elkaar ten slotte langs een of andere grenslijn ontmoeten. Het opvallende is nu dat deze grenslijnen sterk gelijken op de kristalgrenzen zoals die ontstaan bij rekristalliseren van wolfraamdraden die op de beschreven wijze gemaakt worden. We vinden zowel de lange grenzen die een kleine hoek met de lengterichting van de draad maken, als de pijlvormige grenslijnen terug. Voorbeelden van de resultaten van zulk een rekristallisatie op papier vindt men in de figuren 4*b* en 4*c*. Door variatie van de per eenheid van oppervlakte aanwezige aantallen lekken, dammen en kiemen, kan men aldus structuren verkrijgen die gelijken op de rekristallisatiepatronen van draad waaraan silicaat en Al_2O_3 zijn toegevoegd of ook „gewone" kristalgrenzen. Niet

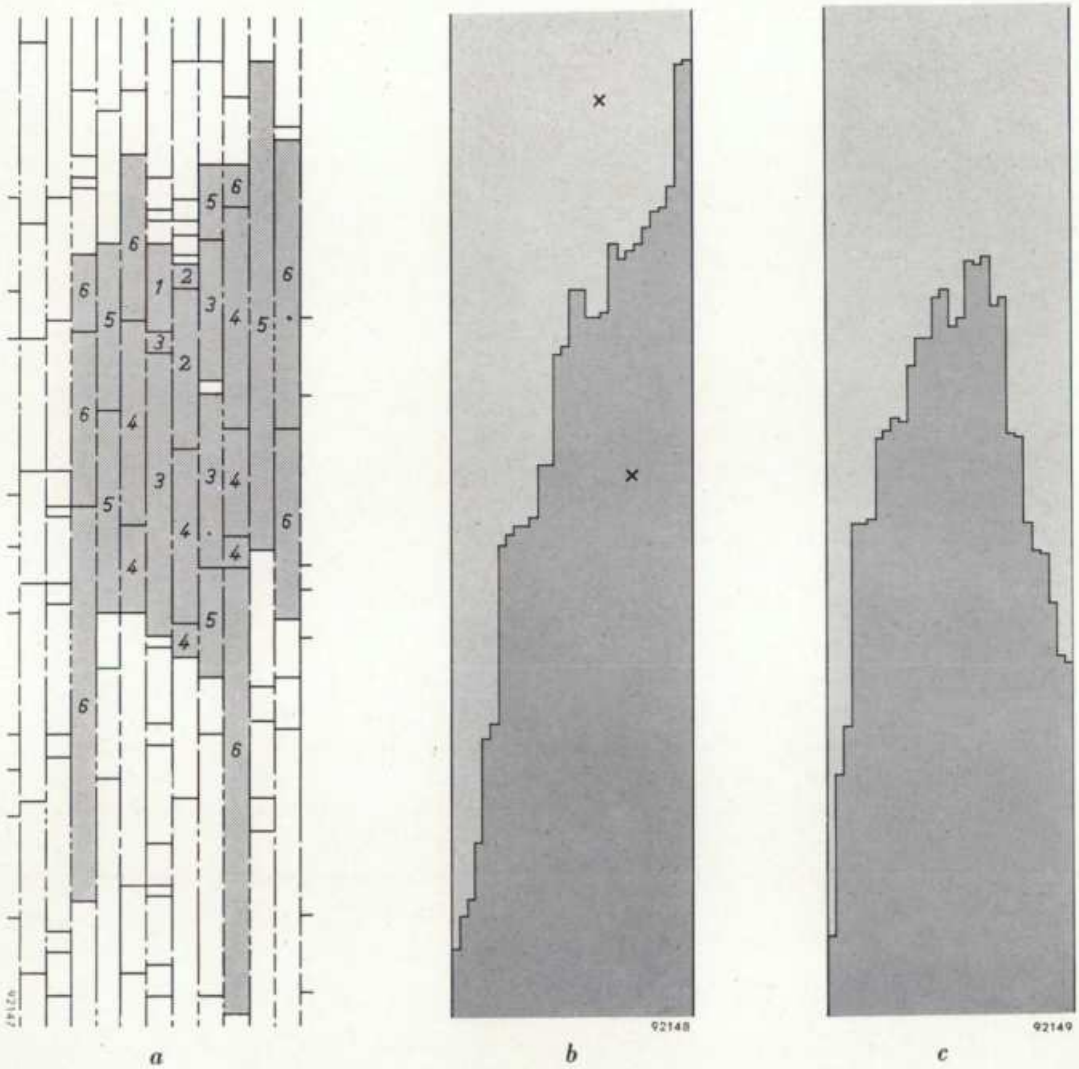


Fig. 4. Modelproeven over de rekristallisatie van wolfraamdraad. Het in de draad aanwezig veronderstelde systeem van, in de draadrichting lopende, strengen en buizen, die uit vreemde deeltjes bestaan, is tweedimensionaal voorgesteld door een systeem van verticale evenwijdige lijnen. Deze lijnen zijn hier en daar onderbroken („lekken"), elders geven dwarslijntjes verstoppingen („dammen") aan. Het willekeurig aanbrengen daarvan is in onze experimenten uitgevoerd met behulp van een schrijfmachine en een tabel van toevalscijfers, zoals die b.v. ontstaat wanneer men telkens met een tienzijdige dobbelsteen werpt of op andere wijze het toeval laat beslissen. We doen nu of we de tabel op het papier met het lijnschema overtypen, maar doen dit in hoofdzaak door aanslaan van de spatiebalk. Alleen wanneer een bepaald cijfer, b.v. 2, voorkomt, slaan we een teken aan. Bevinden we ons tussen twee lijnen in, dan is dat een streepje en we verkrijgen op die manier een „dam". Bevinden we ons óp een lijn, dan slaan we een ander teken (b.v. =) aan en beschouwen dit als een lek op die plaats. (De afstand der verticale lijnen moet dus gelijk zijn aan de dubbele letterafstand.) Op twee plaatsen in het schema mag bij de proeven een kristal beginnen te groeien en wel op die wijze dat beide kristallen om de beurt iets mogen doen.
a) De groei van één zo'n kristal. Per beurt mocht hier een geheel buisgedeelte ingenomen worden. De cijfers geven aan bij welke beurt een bepaald buisgedeelte opgevuld werd. De rastering geeft de vorm aan die het kristal na zes beurten gekregen heeft. In dit model was het aantal lekken twee maal zo groot als het aantal dammen.
b) Een scheve grens tussen twee kristallen, zoals die bij een dergelijke proef dikwijls gevonden wordt. De twee kristallen zijn gegroeid vanuit de punten ×.
c) Een pijlvormige grens. De kiemen ontstonden hier in punten die buiten de figuur vallen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

alleen de grens tussen twee nieuwe kristallen maar ook de grens tussen een kristal en de nog niet gerekristalliseerde vezelstructuur heeft volgens de modelproeven „lange-grens"-karakter. Dit is in overeenstemming met hetgeen men in werkelijkheid vindt als een kristal doodloopt in de vezelstructuur. Dat kan b.v. gebeuren als de temperatuur dicht onder de rekristallisatie-temperatuur ligt en daar slechts in een deel van de draad boven komt, hetgeen het gemakkelijkst te verwezenlijken is door de draad gedeeltelijk iets af te etsen zodat de stroomdichtheid niet overal dezelfde is (*fig.* 5). Bij sterke vergroting van een preparaat van zo'n draad ziet men een min of meer trapsgewijs verloop van het stoppen van de kristalgroei in de „vezels".

Op deze wijze is gedemonstreerd dat verontreinigingen die de groei van de kristallen kunnen remmen en die dit, door de wijze waarop ze in de draad uitgetrokken zijn, voornamelijk doen ten koste van de groeirichtingen loodrecht op de draadas, het ontstaan van de lange kristalgrenzen kunnen bevorderen. Het ligt voor de hand dat deze functie voornamelijk uitgeoefend wordt door de minst vluchtige bestanddelen van het toevoegsel, zoals SiO_2 en Al_2O_3 of verbindingen van deze stoffen.

De structuur van de gerekristalliseerde wolfraamdraad

We hebben betoogd dat het zeer waarschijnlijk is dat de restanten van de toevoegsels in uitgestrekte banen aanwezig zijn in een getrokken draad en de rekristallisatie van deze draad sterk beïnvloeden. Dit beeld wordt bevestigd door een tweede reeks van experimenten, die we nu zullen beschrijven en die aantonen dat de toevoegsels ook na beëindiging van het rekristallisatieproces nog in buis- of strengvorm aanwezig zijn [6]).

Gebruik werd daarbij gemaakt van een röntgendiffractieopstelling volgens Von Laue, waarmee het mogelijk was opnamen te maken met een zeer fijne bundel. Deze werd verkregen door als collimator een 2 cm lang capillair van loodglas te gebruiken met een boring van ca. 50 μ. Men kan met deze opstelling zeer kleine oriëntatieverschillen tussen delen van een kristal aantonen. Dank zij de geringe diameter van de röntgenstralenbundel bereikt men een groot scheidend vermogen (ca. één boogminuut) en is bovendien de bestraalde plek zo klein dat men niet te veel kristaldelen tegelijk raakt. *Fig. 6a* toont een Laue-opname (niet gemaakt met

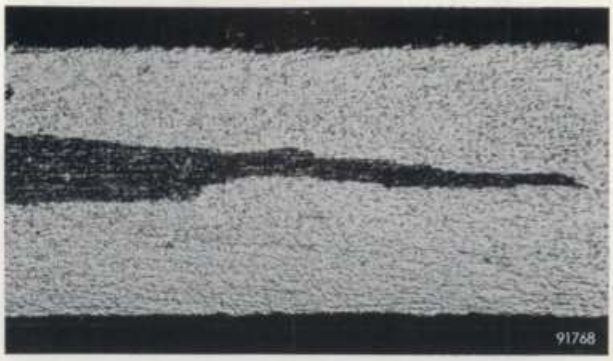


Fig. 5. Opname van de grens tussen een nieuw kristal en een gedeelte van een draad waar de rekristallisatie nog niet plaatsvond (de vezelstructuur). De vereiste temperatuurgradiënt werd verkregen door de draad plaatselijk iets af te etsen. Ook hier treedt een (pijlvormige) lange grens op. Het donkere gedeelte is de vezelstructuur, het lichte een kristal. Vergroting 160×.

extreem fijne bundel) van een keukenzoutkristal in een vrij willekeurige stand ten opzichte van de röntgenbundel. In fig. 6*b* ziet men hoe zo'n diagram er uitziet indien de bundel twee kristalletjes tegelijk raakt die een kleine hoek ten opzichte van elkaar gedraaid zijn.

Maakt men terugstraalopnamen van gerekristalliseerde wolfraamdraden op plaatsen waar de gehele draaddoorsnede door slechts één kristal wordt ingenomen, dan blijkt dat vaak diagrammen ontstaan waarvan elke stip in twee of meer stipjes is opgesplitst. Meer dan de helft van de onderzochte kristallen bleek zo'n splitsing van de stippen te geven, waarbij het opvallende was dat deze meestal overeenkwam met draaiingen om een as evenwijdig aan de draadrichting. *Fig. 7* geeft enkele voorbeelden van gedeelten van dergelijke diagrammen[7]). Men kan uit de afstand der stipjes de hoek berekenen waarover de kristalelementjes ten opzichte van elkaar gedraaid liggen en vindt dan hoeken van ca. 2-30′. Uit de bestraalde oppervlakte en het aantal stipjes dat men vindt, kan men verder nog een schatting maken van de grootte van de desbetreffende kristaldelen. Men vindt dan een diameter van 20-70 μ.

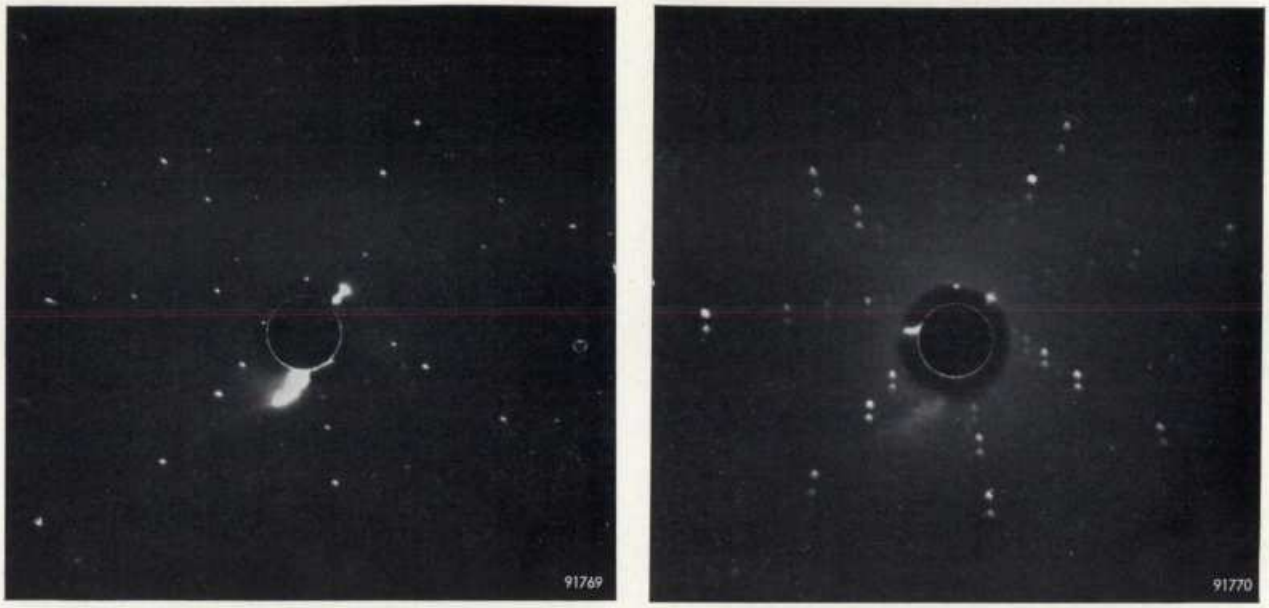
We kunnen hier reeds opmerken dat deze draaiing om de draadrichting goed past bij de veronderstelling over de strengen of wanden van verontreinigingen die evenwijdig aan de draadas liggen, en bij het beeld van het rekristalliseren zoals het zojuist besproken is. Immers, men kan inderdaad verwachten dat ter weerszijden van een „wand"

[6]) G. D. Rieck, Fragmentation in tungsten crystals, Acta metallurgica **4**, 47-51, 1956 (no. 1).

[7]) Men kan gesplitste stippen óók krijgen ten gevolge van triviale effecten, nl. 1) wanneer de röntgenbundel de film scheef treft en deze tweezijdig begoten is; men ontwikkelt dan aan de voor- en achterzijde twee punten die niet samenvallen; en 2) wanneer het loodglazen capillair niet nauw genoeg is, zodat in iedere stip de plaatselijke helderheidsverschillen van de anode zich manifesteren.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023



a *b*

Fig. 6. Laue-opname van NaCl. Wanneer röntgenstraling met een continu spectrum op een kristal valt, dan zullen de verschillende met atomen of ionen bezette vlakken in het kristal deze straling „reflecteren". De hoek van terugkaatsing op het vlak is hierbij, juist als bij de reflectie van zichtbaar licht door een spiegel, gelijk aan de hoek van inval. Er ontstaat op een fotografische film op deze wijze een patroon, dat bij gefixeerde invalsrichting van de röntgenbundel bepaald wordt door de stand van de verschillende netvlakken in het kristal. Men kan zowel opnamen maken met kleine hoeken tussen opvallende en gereflecteerde bundel, waarbij de film dus achter het kristal staat (doorstraalopname), alsook bij grote hoeken, waarbij de film vóór het kristal is opgesteld (terugstraalopname). In dit geval is de film voorzien van een gat om de opvallende röntgenbundel door te laten.
a) Diffractiepatroon van een enkel kristal. *b*) Opname van twee kristallen die over een kleine hoek ten opzichte van elkaar gedraaid zijn. (Deze opnamen zijn niet gemaakt met een extreem fijne bundel.)

de kristaldelen wel eens een klein oriëntatieverschil vertonen. Slechts op één plek, het lek nl., waar de groei van het tweede kristaldeel begonnen is, hebben ze contact met elkaar. De geometrie van de draad maakt dan een oriëntatieverschil corresponderend met draaiing om de draadas het waarschijnlijkst, overeenkomstig de rotatiesymmetrie van de vezeltextuur van een draad.

Buigproef

De draden waarvan de in het voorgaande genoemde kristallen deel uitmaakten, waren gefixeerd op een preparaathouder, en wel in horizontale stand loodrecht op de röntgenbundel. Met deze draden (kristallen) werd nu het volgende experiment gedaan. Ze werden gebogen in een vlak loodrecht op de röntgenbundel over een hoek van 90° en met een kromtestraal van b.v. 2 mm (terwijl de draaddiameter 180 μ was). Daarna werden ze zo goed mogelijk rechtgebogen. De opstelling maakte het mogelijk dat het te voren onderzochte draadgedeelte, dat midden in de buigingszone viel, daarna met dezelfde plaats weer in de röntgenbundel kwam.

Zoals bekend geeft een gedeformeerd kristal een Laue-diagram met uitgesmeerde stippen [8]). De richting waarin een stip wordt uitgerekt, is gecorreleerd met de richting waarin het desbetreffende roostervlak gekromd is. Bij het terugbuigen van de wolfraamkristallen bleek dit zg. asterisme weer grotendeels te verdwijnen voor zover het vertekeningen evenwijdig aan de draadrichting betrof; de stippen waren na de proeven horizontaal meestal maar weinig veranderd. In de verticale richting was er echter wèl iets gebeurd. Van de stippen die vroeger al enige splitsing vertoonden, was deze sterker geworden, en in de stippen waar van te voren geen splitsing te zien was, vond men na de buigproef vaak wèl splitsing. De hoekverschillen waren weer van de orde van enkele minuten maar het aantal stippen was veelal groter, overeenkomend met deeltjes met een diameter van ca. 7 μ. Het verschijnsel dat het effect van het buigen meer blijvend was in de „verticale" richting dan in de „horizontale" richting, laat zich nu verklaren uit-

[8]) Zie b.v. W. G. Burgers, Philips techn. T. **5**, 163, 1940.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

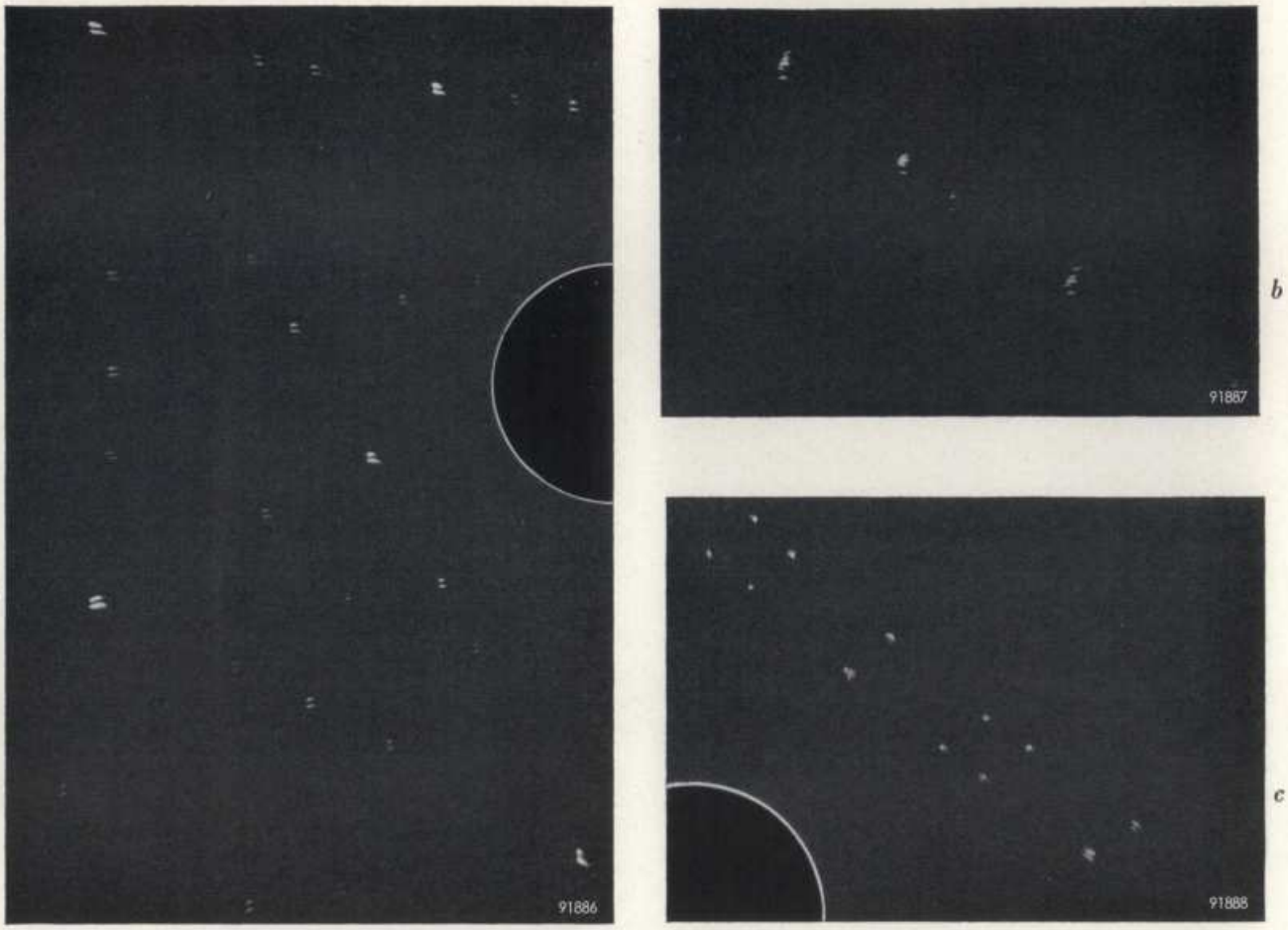


Fig. 7. Laue-opnamen van gerekristalliseerd wolfraamdraad. Men constateert een splitsing van de stippen ten gevolge van minimale onderlinge oriëntatieverschillen der kristalelementjes: *a*) tweevoudig (3× ware grootte); *b*) vijfvoudig ($4^1/_2$× ware grootte); *c*) de punten op deze opname zijn afkomstig van twee kristallen die een hoek van 2° maken, en zijn ieder afzonderlijk ook weer gesplitst (3× ware grootte).

gaande van de veronderstelling dat er zich draadvormige verontreinigingen in het onderzochte kristal bevinden. Hiertoe zullen we gebruik maken van een beschrijving van de door deformatie ontstane roosterfouten met behulp van dislocaties [9]).

Bij buigen ontstaan steeds lijndislocaties. Een lijndislocatie kan men zich voorstellen als te zijn veroorzaakt door een extra atoomvlak dat, i.c. vanaf de buitenkant van de bocht, in het kristalrooster wordt ingeschoven (*fig. 8*). Buigt men nu in tegengestelde richting, dan ontstaan er dislocaties die men zich kan denken als het gevolg van extra atoomvlakken die juist van de andere kant van het kristal worden ingeschoven. Deze twee soorten extra vlakken kunnen elkaar compenseren, en zij zullen dit ook doen mits de beweeglijkheid van de dislocaties voldoende is. De beweeglijkheid van een

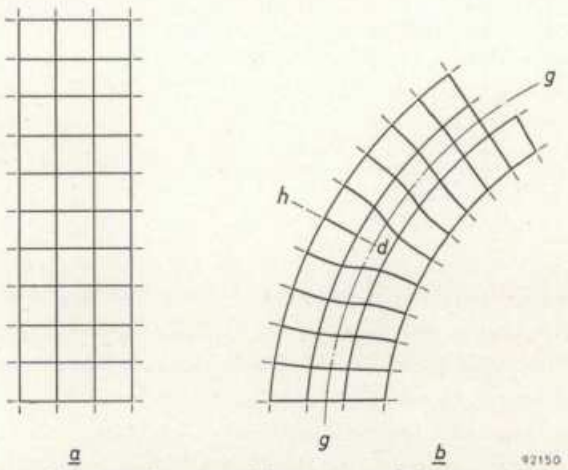


Fig. 8. Schematische voorstelling van een deel van een kristalrooster waarin door buigen een afschuiving optreedt, zodat er een lijndislocatie ontstaat. *a*) Het rooster vóór de buiging. *b*) Hetzelfde deel van het rooster na de buiging. Er is een afschuiving ontstaan langs het glijvlak *g*, wat op hetzelfde neerkomt alsof het atoomvlak *h* extra ingeschoven is. De rand van dit vlak, d.i. de loodlijn op het vlak van tekening door het punt *d*, is de dislocatie-as.

[9]) Zie b.v. Philips techn. T. **15**, 105 en 266, 1953.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

dislocatie wordt sterk verminderd indien het extra atoomvlak aan zijn rand, de dislocatie-as, hier en daar stuit op een vreemd atoom (een verontreiniging) in het kristalrooster. Valt de dislocatie-as in zijn geheel samen met een *rij* van vreemde atomen, dan is het begrijpelijk dat deze dislocatie onbeweeglijk geworden is en zich niet meer kan combineren met een tegengestelde dislocatie (die op zijn beurt ook zal kunnen vastlopen op een andere, parallelle, rij vreemde atomen). Dislocaties echter waarvan de as loodrecht staat op deze rijen verontreinigingen, zullen vrijwel geen last hebben van remming of vastlopen.

We zagen nu bij het wolfraamkristal dat de veranderingen in de stippen die een gevolg zijn van de deformatie-effecten in het vlak van de gebogen draad (vgl. fig. 8), bij terugbuigen weer opgeheven worden. De bijbehorende dislocatielijnen staan dan loodrecht op de draadas en niets belemmert blijkbaar hun beweeglijkheid. De deformatie zoals die ontstaat doordat bij buigen van een draad ook de dwarsdoorsnede van vorm moet veranderen, en die zich uit in de splitsing van de stippen in een richting loodrecht op de draad (zie fig. 7), verdwijnt echter niet. De hierbij behorende dislocatielijnen zijn voornamelijk evenwijdig aan de draadrichting en worden blijkbaar wel gedeeltelijk geblokkeerd. Zoals we gezien hebben, is een dergelijke fixering van deze dislocaties te verwachten indien we rijen vreemde atomen hebben die eveneens parallel aan de draadrichting lopen. Dit stemt dus zeer goed overeen met de opvatting dat ook in het, door rekristalliseren ontstane, kristal in de wolfraamdraad nog sporen van verontreiniging aanwezig zijn, gerangschikt langs lijnen evenwijdig aan de draadas.

Natuurlijk behoeven die rijen van vreemde deeltjes niet één atoom dik te zijn; de onderstelling dat hun uitgestrektheid in de draadrichting veel groter is dan loodrecht erop, is reeds voldoende om het verschil in beweeglijkheid van de beide soorten dislocaties te verklaren.

Zo vinden we dus in deze experimenten met wolfraamkristallen in een gerekristalliseerde draad een bevestiging van het beeld van de verdeling der verontreinigingen dat we ons gemaakt hadden bij het uitvoeren van de modelproeven en dat in deze proeven tot een aannemelijke verklaring leidde voor het ontstaan van lange en pijlvormige grenzen tussen de kristallen.

Denkbare andere verklaringen voor het optreden van lange grenzen

Indien twee kristallen b.v. in een metaal uitgroeien, zullen ze elkaar op een bepaald moment ontmoeten. Er bestaat dan de mogelijkheid dat één van de twee kristallen verder groeit ten koste van het andere kristal [10]), maar ook dat ze een gemeenschappelijke grens behouden. In het algemeen kan men zeggen dat, als de grensvlakenergie klein is, er weinig neiging bestaat de grens op te heffen door groei van het ene individu ten koste van het andere. In zo'n geval zal de grens in het algemeen ook lang kunnen zijn (omdat de totale hierin aanwezige energie dan nòg maar gering is). Een dergelijke lange grens kan b.v. optreden tussen tweelingen [11]). Ook kristallen welke bijna dezelfde oriëntatie hebben, kunnen gemakkelijk naast elkaar blijven bestaan en lange kristalgrenzen hebben.

Het zou kunnen zijn dat de kristallen in wolfraamdraad welke lange grenzen hebben, in een van beide omschreven relaties tot elkaar staan. Wel lijkt het a priori weinig waarschijnlijk dat twee kristallen die op enige afstand van elkaar ontstaan en naar elkaar toe groeien, een tweelingrelatie zouden hebben, maar het is zeer goed denkbaar dat een dergelijke relatie optreedt wanneer één der beide kristallen ontstaat uit een kiem die gevormd werd op het groeifront van het andere. Afgezien van speciale oriëntaties is verder de onderstelling niet onredelijk dat een dergelijk kristal dat zich op het groeifront van een ander bevindt, de groei daarvan plaatselijk beïnvloedt en zodoende bijdraagt tot het ontstaan van een merkwaardig gevormde grens — iets wat men bij aluminium inderdaad gevonden heeft [12]).

Uit röntgendiffractieopnamen bleek echter dat de hoeken tussen kristallen met lange grenzen allerlei waarden kunnen hebben; ook bleken aan elkaar grenzende kristallen bij onderzoek in het algemeen niet in een tweelingverband tot elkaar te staan, al was dit soms niet uitgesloten.

We hebben nog op de volgende wijze onderzocht of twee kristallen die naar elkaar toe groeien en elkaar dus niet kunnen beïnvloeden, een „lange" grens kunnen geven.

„Shuntproeven"

Men kan als volgt een kristalgrens maken waarvan zeker is dat de beide kristallen minstens 1½ cm van elkaar in de vezelstructuur ontstaan zijn. De draad (die bij onze proeven niet gespiraliseerd was en een diameter van ca. 0,3 mm had) wordt tussen twee punten *A* en *B* voorzien van een manchet („shunt") van b.v. 15 mm lengte (zie *fig. 9*). Hiertoe worden 6 stukjes van deze lengte van de te onderzoeken draad afgeknipt, daaromheen geplaatst en vastgezet door er een stuk draad omheen te wikkelen. Het geheel bevindt zich, verticaal uitgespannen, in een buis door welke waterstof geleid wordt. Bij verhitting van de centrale draad op ca. 2250 °C door stroomdoorgang, komt het geshunte deel hoogstens op 1000 °C en dit rekristalliseert dan ook niet. Na 15 minuten wordt afgekoeld en daarna met twee shunts (*C* en *D* in fig. 9) gegloeid. Ten

---

[10]) Bij ijzerlegeringen b.v. heeft men dit verschijnsel fraai zich zien voltrekken onder een emissie-elektronenmicroscoop. Vgl. Philips techn. T. **17**, 147, 1955 en **18**, 1, 1956.

[11]) Tweelingen zijn combinaties van twee kristallen die ten opzichte van elkaar in een bepaalde symmetrieverhouding staan. Of zij zijn elkaars spiegelbeeld met betrekking tot een gemeenschappelijk roostervlak, of zij zijn om een tweetallige symmetrie-as 180° ten opzichte van elkaar gedraaid. (Eventueel treden beide eigenschappen tegelijk op.) Het spiegelvlak heeft gewoonlijk eenvoudige indices en is niet een der symmetrievlakken van de kristalstructuur. Het valt in het algemeen niet samen met het vergroeiingsvlak, hetwelk in het geheel geen plat vlak behoeft te zijn.

[12]) W. G. Burgers, Physica **9**, 987-995, 1942.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

slotte wordt een overlangse doorsnede voor microscopisch onderzoek gemaakt.

In het algemeen vindt men in het stuk AB één kristalgrens, de ontmoeting van de kristallen die bij de eerste gloeiing bij A en B tot staan gebracht zijn door het „koude" stuk AB. Lopen de beide kristallen door tot links van C, resp. rechts van D, dan is het zeker dat ze links van A en rechts van B ontstaan zijn bij de eerste gloeiing. Immers, dank zij de beide „afschermende" shunts bij de tweede gloeiing, is het uitgesloten dat er tussen A en B b.v. op het groeifront van het „linker" kristal een kiem gaat uitgroeien en, eventueel een ander kristal opetend, naar rechts doordringt tot voorbij D.

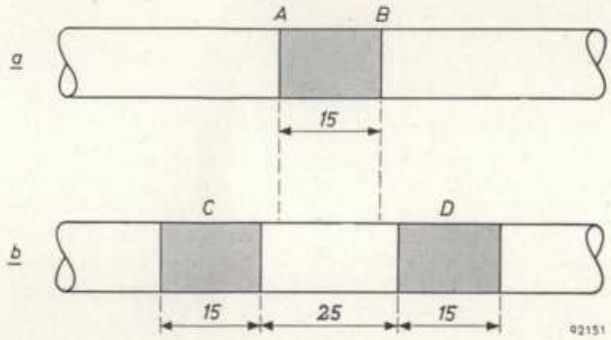


Fig. 9. Schematische voorstelling van rekristallisatieproeven die tot doel hebben grenzen te verkrijgen tussen kristallen waarvan men met zekerheid weet dat zij uit ver van elkaar verwijderde kiemen ontstaan zijn. De draad is daartoe plaatselijk van een manchet („shunt") voorzien. Ter plaatse van de shunt wordt de draad minder heet, zodat daar geen rekristallisatie kan plaatsvinden. De lengtematen zijn aangegeven in mm. De „koude" delen zijn gestippeld. *a*) Bij de eerste gloeiing bevindt de shunt zich op het stuk AB. Tussen A en B kunnen de van links resp. rechts komende kristallen niet verder groeien.
b) Bij de tweede gloeiing zijn er twee shunts. De kristallen welker groei bij A resp. B tot staan gebracht was, kunnen nu verder groeien. Vindt men kristallen waarvan het ene uiteinde in AB ligt en het andere uiteinde voorbij C of D, dan weet men dus van deze kristallen dat ze bij de eerste gloeiing ontstaan zijn buiten het gebied AB. In de regel vindt men in het stuk AB maar één kristalgrens, die van hetzelfde type is als wat bij rekristallisatie onder normale omstandigheden wordt gevonden.

Complicaties kunnen optreden; er kan b.v. een derde kristal in AB ontstaan of reeds naast een der beide andere bij A of B aanwezig zijn. Maar verscheidene malen was er slechts één grens tussen C en D, en deze was telkens van hetzelfde type als men bij gewone gloeiing van de draad krijgt. Ook bleek er dan geen tweelingverband te bestaan. Enkele malen was de tweede gloeiing tot 10 uur op 2400 °C uitgebreid. Dit leverde geen andere resultaten op, zodat de grenzen blijkbaar ook een aanzienlijke stabiliteit hebben.

Uit dit alles moet dus geconcludeerd worden dat het boven veronderstelde eenvoudige oriëntatieverband niet bestaat. Dit betekent overigens niet dat er geen ènkel oriëntatieverband zou bestaan. Ook na rekristallisatie is er een voorkeursas in de draadrichting. Om deze as echter kunnen de kristallen over iedere willekeurige hoek ten opzichte van elkaar gedraaid zijn [13]).

Tevens is hiermee aangetoond dat de, bij deze proeven gevonden, lange resp. pijlvormige grenzen evenmin verklaard moeten worden met het uitgroeien van een kristalkiem op de grens tussen het reeds gerekristalliseerde gedeelte en de vezelstructuur. Integendeel, het groeifront zelf (tussen een kristal en de vezelstructuur dus) blijkt reeds onregelmatig te zijn en de pijlvorm te kunnen aannemen.

[13]) Meer hierover in een binnenkort elders te publiceren artikel.

Samenvatting. Wolfraamdraad voor gloeilampen wordt gemaakt uit gesinterde wolfraamstaven door hameren en trekken. Hierbij worden de kristalletjes gedeformeerd en ontstaat de zg. vezelstructuur. Wordt een draad tot gloeien gebracht, dan treedt rekristallisatie op en ontstaan kristallen die groter zijn dan de voordien aanwezige. Wil zulk een draad nu geschikt zijn als gespiraliseerde gloeidraad, dan mag hij niet uitzakken of afschuiven. Reeds enkele tientallen jaren geleden is gevonden dat aan deze eis voldaan wordt wanneer men in een vroeg stadium van de produktie zekere stoffen (de „dope") toevoegt. Men verkrijgt dan bij de rekristallisatie lange kristalgrenzen.

Met behulp van tweedimensionale modelproeven wordt plausibel gemaakt hoe het ontstaan van lange kristalgrenzen bevorderd wordt door de aanwezigheid van vreemde deeltjes die in de draad in strengen of buizen gegroepeerd zijn. Deze proeven werden uitgevoerd met een op papier getekend buizenstelsel waarin, op een door het toeval bepaalde wijze, lekken en verstoppingen waren aangebracht. Vanuit twee punten in dat stelsel laat men dan twee „groeiende" kristallen het buizensysteem opvullen volgens zekere spelregels. Röntgendiffractieopnamen aan kristallen in gerekristalliseerde draden, bevestigen dit beeld. Wanneer nl. een kristal gebogen en weer rechtgebogen wordt, blijken de daarbij ontstane dislocaties van tegengesteld teken elkaar wel te kunnen compenseren wanneer hun as loodrecht op de draadrichting staat, maar niet wanneer hij daaraan evenwijdig is. De genoemde vreemde deeltjes kunnen niet anders zijn dan de restanten van de „dope", welke tijdens het trekken op de genoemde wijze gegroepeerd worden.

Door experimenten waarbij men niet-gerekristalliseerde wolfraamdraden plaatselijk minder sterk verhit dan elders, is aangetoond dat de lange resp. pijlvormige grenzen tussen wolfraamkristallen niet te danken zijn aan het optreden van een zg. tweelingrelatie tussen aangrenzende kristallen, noch aan het (in willekeurige stand) uitgroeien van een kristalkiem op de grens tussen een reeds gerekristalliseerd gedeelte en de vezelstructuur.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

EEN ZENDTRIODE VOOR FREQUENTIES TOT 900 MHz

door P. J. PAPENHUIJZEN. 621.385.3.029.6:621.3.032.213.1

*Nieuwe constructies hebben de maximale frequentie waarbij triodes als versterker of als oscillator bruikbaar zijn, tot ongedachte hoogte opgevoerd. Nog onlangs is dit gebleken uit een artikel over de schijftriode EC 57 *), die bij 4000 MHz een vermogen van enige watts kan leveren. Ook bij triodes voor aanzienlijk grotere vermogens is de vooruitgang belangrijk. De hieronder besproken zendbuis TBL 2/300 — eveneens een schijftriode, doch inwendig met een cilindrische constructie, in tegenstelling met de vlakke elektrodes van de EC 57 — kan bij 470 MHz ca. 400 W leveren, en bij 900 MHz ca. 150 W, waardoor deze buis voorziet in een steeds dringender wordende behoefte.*

De laatste jaren is het frequentiegebied van ca. 450 tot 900 MHz (golflengten van ca. 7 tot ca. 3 dm) meer en meer in het centrum van de belangstelling komen te staan. Om slechts enige voorbeelden te noemen: voor communicatie- en navigatiemiddelen is de luchtvaart sterk in dm-golven geïnteresseerd, mobilofoonverbindingen op frequenties tussen 460 en 470 MHz nemen hand over hand in aantal toe, in televisiekringen stijgt de belangstelling voor de zg. banden 4 en 5 (470-585 en 610-960 MHz), de hoogfrequentieverhitting met dm-golven wint in de industrie voortdurend terrein, en omdat in de medische therapie het nut van dm-golven tegenwoordig uitvoerig wordt onderzocht, is in Duitsland onlangs een frequentiegebied in de buurt van 461 MHz voor diathermie beschikbaar gesteld. Naast dit alles zijn er nog talrijke militaire toepassingen.

Triodes van conventionele constructie zijn door verschillende oorzaken voor dm-golven ongeschikt. Als men zou trachten deze buizen voor dm-golven te gebruiken, zou in de eerste plaats de looptijd die de elektronen nodig hebben om de weg van katode naar anode af te leggen, te lang blijken te zijn in verhouding tot de periode van de trilling die men wil opwekken of versterken. Ten tweede zou de golflengte niet meer groot zijn in vergelijking met de lengte van de elektrodes, zodat de spanningen op punten van een zelfde elektrode fazeverschillen zouden vertonen; dit effect wordt al merkbaar als de golflengte daalt tot ca. 10 maal de werkzame elektrodelengte. Ten derde zou bij frequenties van honderden MHz het diëlektrische verlies in de isolerende gedeelten van de buis aanzienlijk zijn, en in de vierde plaats zou de zelfinductie van de toevoerleidingen een ongunstige invloed uitoefenen [1]). Deze vier effecten (looptijdeffect, fazeverloop langs de elektrodes, diëlektrisch verlies en parasitaire zelfinductie) zijn bij zendtriodes de voornaamste oorzaken van het feit dat bij opvoeren van de frequentie het rendement daalt en bij een bepaalde grensfrequentie ten slotte te laag wordt voor praktische toepassingen.

In de loop der jaren zijn met succes verschillende buizen van geheel ander type ontwikkeld, buizen waarin de eindige looptijd van de elektronen juist essentieel is voor de werking. De voornaamste van deze „looptijdbuizen" zijn de magnetrons, de klystrons en de lopendegolfbuizen. Het zijn vooral deze typen die het gebied van de dm-, cm- en zelfs mm-golven voor de radiotechniek hebben ontsloten. Meestal maken bij deze buizen één of meer trilholten deel van de buis uit, zodat ieder exemplaar in beginsel voor slechts één frequentie geschikt is. Weliswaar bestaan er systemen om deze frequentie nog enigszins te variëren [2]), maar dan toch slechts over een klein gebied (enige %). Door het aanbrengen van uitwendige trilholten en het zeer nauwkeurig instellen van de voedingsspanning is het met klystrons en lopendegolfbuizen in principe mogelijk het frequentiegebied uit te breiden, maar geen van deze looptijdbuizen is geschikt als universele buis waarmee men het gehele frequentiegebied tot b.v. 900 MHz bestrijkt.

In tegenstelling hiermee werken de meer conventionele buizen (triodes, tetrodes) alle met uitwendige trillingskringen, c.q. trilholten, die men in beginsel kan dimensioneren voor iedere frequentie (mits beneden de grensfrequentie van de buis) en naar behoefte kan verstemmen.

Het heeft natuurlijk niet ontbroken aan pogingen om door constructieverbeteringen de grensfrequentie van triodes te verhogen. Ons beperkend tot buizen die een vermogen van een paar honderd watt kunnen leveren, noemen wij als voorbeeld de in 1948 in dit tijdschrift behandelde zendtriode

*) G. Diemer, K. Rodenhuis en J. G. van Wijngaarden, Philips techn. T. **18**, 321-328, 1956 (no. 11).

[1]) M. J. O. Strutt en A. van der Ziel, Philips techn. T. **3**, 104-112, 1938.

[2]) Zie b.v. Philips techn. T. **14**, 255, 1952.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

TB 2,5/300 [3]), die bij 200 MHz een vermogen van 200 W kan opwekken met een rendement van ca. 60%. Thans willen wij een nieuwe ontwikkeling op dit gebied beschrijven, waarvan het resultaat is geweest de triode TBL 2/300 (*fig. 1*). Hierbij is

Fig. 1. De zendtriode TBL 2/300.

de grensfrequentie opgeschoven tot 900 MHz. Met gelijkspanning gevoed, kan de TBL 2/300 bij 470 MHz ruim 400 W leveren, en bij 900 MHz nog ca. 150 W [4]), met een rendement van ca. 63 resp. 34%. Gevoed met wisselspanning — wat o.a. bij diathermie toelaatbaar is —, geeft hij bij 470 MHz nog ca. 200 W. Andere gunstige elektrische eigenschappen zijn: behoorlijke vermogensversterking en geschiktheid voor bredebandversterking bij betrekkelijk lage voedingsspanning (2500 tot 1300 V, al naar gelang van de frequentie).

Gezien de toepassingsgebieden, moest bij het ontwerp ook op de mechanische eigenschappen worden gelet. Uit elektrisch oogpunt wenst men korte elektrodes, kleine buiscapaciteiten, geringe zelfinductie van de verbindingen en korte looptijden. De beide eerste eisen betekenen elektrodes van kleine afmetingen, dus grote stroomdichtheid en hoge specifieke belasting, wat ongunstig is voor de levensduur. Geringe zelfinductie vraagt geleiders met grote oppervlakte, b.v. schijfdoorvoeren (zie beneden), en inwendig een vlakke of een cilindrische constructie. Voor een korte looptijd moeten de afstanden tussen de elektrodes klein zijn, en dit dreigt in strijd te komen met de eis dat de buis bestand is tegen sterke mechanische trillingen. Men moest dus een compromis zoeken. Dat dit gunstig is komen te liggen, is o.a. te danken aan een bijzondere constructie van de katode en aan het gebruik van een nieuw materiaal voor het rooster.

[3]) E. G. Dorgelo, Philips techn. T. **10**, 273-281, 1948.
[4]) Voor een verbeterde, nog in ontwikkeling zijnde, uitvoering, die een nog wat groter vermogen kan leveren, zie het slot van dit artikel.

Beschrijving van de zendtriode TBL 2/300

Het in [3]) geciteerde artikel somt een aantal redenen op waarom voor een zendbuis zowel uit elektrisch als uit mechanisch en thermisch oogpunt een cilindrische opstelling van de elektrodes te verkiezen is boven een vlakke: o.a. de mogelijkheid om een spiraalvormige katode te gebruiken, en de gemakkelijke centrering van de elektrodes. Ook bij de TBL 2/300 is een cilindrische opstelling gekozen, zoals blijkt uit de doorsnede *fig. 2* en uit *fig. 3*, die de onderdelen van de buis los van elkaar toont. De direct verhitte katode, in

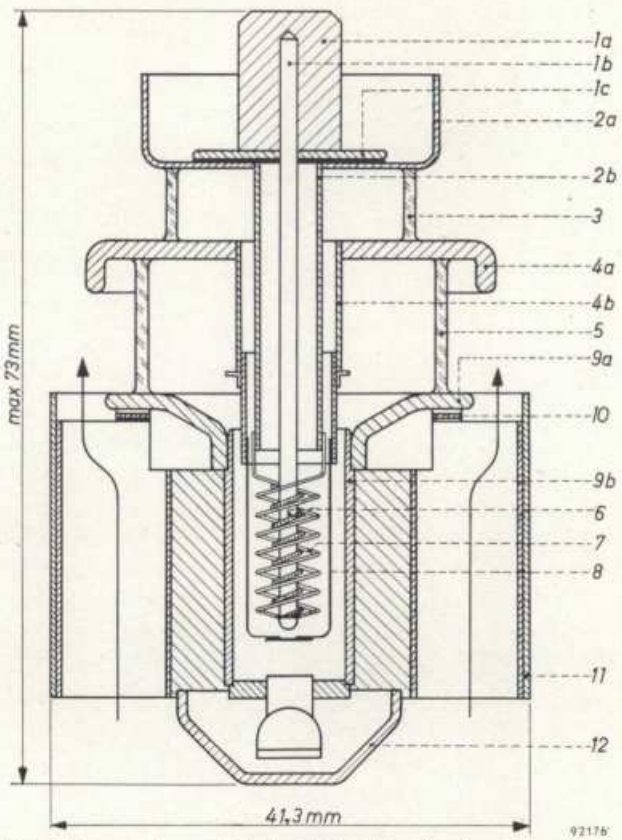


Fig. 2. Doorsnede van de buis TBL 2/300. *1a*, *2a* gloeistroomaansluitingen. *1b*, *2b* toevoerleidingen van de katode *7* (twee parallelgeschakelde spiralen van gethorieerd wolfraam). *1c-2a* overbruggingscondensator („sandwichinsmelting"). *3*, *5* glazen isolatieringen. *4a* roosteraansluiting. *4b* roostertoevoer. *6* gasbinder (zirconiumdraad). *8* kooivormig rooster. *9a* anodeschijf. *9b* anode. *10* gegolfde ring. *11* mantel, die de koelribben omgeeft. *12* beschermdop.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

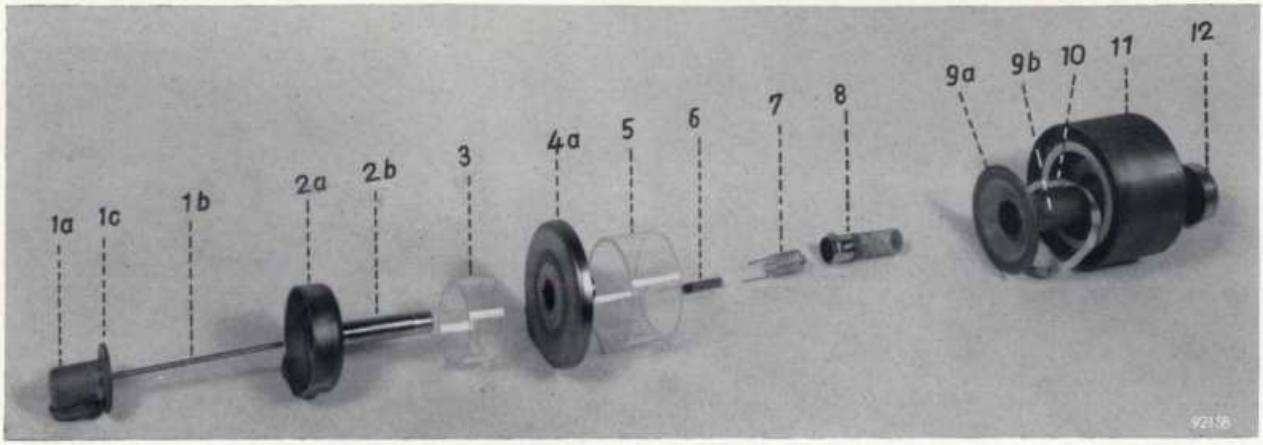
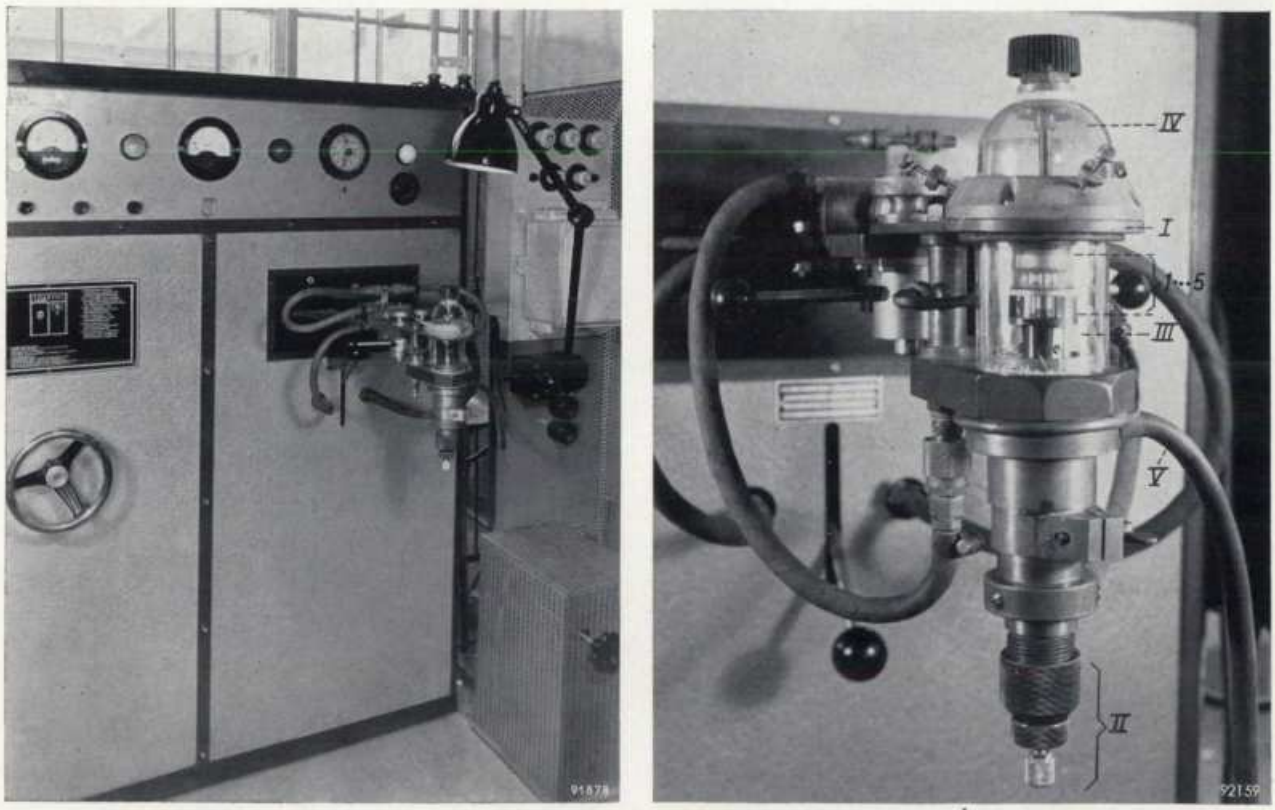


Fig. 3. De onderdelen van de buis TBL 2/300, los van elkaar. Betekenis van de aanduidingen als in fig. 2.

beide figuren aangeduid met *7*, bestaat uit twee parallelgeschakelde spiralen van gethorieerd wolfraam (hierover straks meer). Daaromheen bevinden zich het kooivormige rooster *8* en de anode *9b*. De metalen delen *2a*, *4a* en *9a* worden gewoonlijk schijven genoemd, al is hun vorm wat ingewikkelder, en de buis heet om deze reden een schijftriode. Deze constructie maakt de buis geschikt voor aansluiting op een uitwendig coaxiaal systeem.

De gloeidraadaansluitingen worden gevormd door het centrale contact *1a* en de schijf *2a*. Deze zijn met de gloeidraden verbonden via de staaf *1b* resp. de bus *2b*, beide van molybdeen. De staaf steunt de gloeidraden en is ten dele bewikkeld met zirconiumdraad *6*, dat als gasbinder fungeert. De schijven *1c* en *2a* vormen met het laagje glas ertussen (een zg. sandwichinsmelting) een condensator; op het doel hiervan komen wij nog terug.



a *b*

Fig. 4. *a*) Hoogfrequentiegenerator voor inductieve verhitting, in gebruik voor het aan elkaar smelten van onderdelen van de TBL 2/300. *b*) Het aaneensmelten van de onderdelen *1* ... *5* (vgl. fig. 3). *I* werkspoel, plat om geconcentreerde verhitting te krijgen. *II* stelschroeven, waarmede de onderdeelen op de juiste hoogte worden gebracht. *III* glazen omhulsel, met afneembare glazen kop *IV*. Door de slang *V* wordt een beschermend gas toegevoerd.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Als aansluiting van het rooster dient de schijf *4a*. Deze is van de schijven *2a* en *9a* geïsoleerd door de ringen *3* en *5* van hard glas met hoog smeltpunt. De schijven bestaan uit fernico, een uit ijzer, nikkel en kobalt bestaande legering waarvan de uitzettingscoëfficiënt goed bij die van het glas past. Alle uitwendige metalen delen van de buis zijn verzilverd, met het oog op het huideffect en ook om goed contact met de uitwendige ketens te verzekeren.

De anode zelf (*9b*) is ook van fernico. Via een dikwandige koperen cilinder wordt de warmte afgevoerd naar een radiator, bestaande uit een groot aantal koelribben, omgeven door een koperen mantel *11*. De afkoelende oppervlakte is 380 cm², de maximaal af te voeren dissipatie 380 W (300 W anodedissipatie, 15 W roosterdissipatie en 65 W van de gloeidraden). Door de radiator wordt lucht geblazen, bij voorkeur in de pijlrichting (zie fig. 2), omdat dan de uittredende lucht, dank zij de naar boven verlengde mantel *11*, langs de glazen ring *5* strijkt en zo ook deze koelt. Als de binnentredende lucht niet warmer dan 45 °C is, kan men volstaan met 0,45 m³ lucht per minuut. Daarbij bedraagt het drukverval in de radiator 24 mm water. De voor twee buizen vereiste luchtstroom kan worden verkregen door middel van een kleine centrifugaalventilator, aangedreven door een motor die 70 W verbruikt. Bij 380 W totale dissipatie per buis ondergaat de lucht in de radiator een temperatuurverhoging van ca. 30 °C.

De mantel *11* dient tevens als elektrische anodeaansluiting. Voor goed elektrisch contact, via de schijf *9a*, zorgt de gegolfde metalen ring *10*.

In de bodem van de anode bevindt zich de pompstengel. Na het afknijpen wordt deze beschermd door de dop *12*.

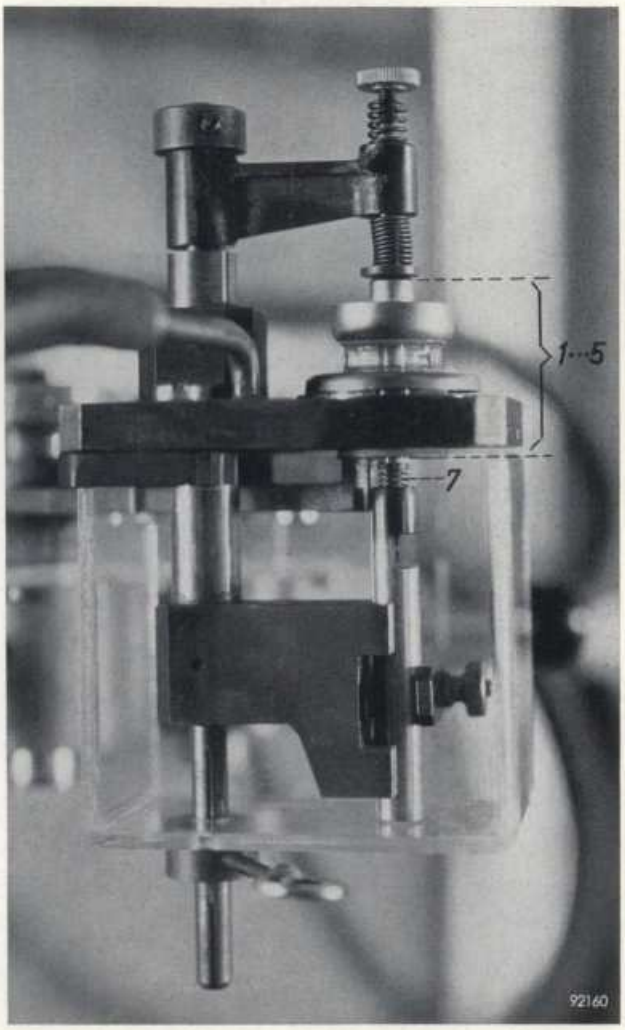


Fig. 5. In het samenstel *1* . . . *5* worden door middel van hoogfrequentieverhitting de gloeidraden *7* gesoldeerd.

Fabricage

De onderdelen *1*, *2*, *3*, *4* en *5* (fig. 3) worden in een mal geplaatst en aan elkaar gesmolten door hoogfrequentieverhitting (*fig. 4a*). Een platte werkspoel *I* (fig. 4*b*) concentreert de verhitting in de onderdelen van fernico, waarvan de hoogte door middel van de stelschroeven *II* nauwkeurig instelbaar is. Het glas wordt week door de uitstraling van de hete fernico-onderdelen. Het geheel gebeurt in een beschermende gasatmosfeer; daartoe is de mal geplaatst in een glazen cilinder *III* met afneembare glazen kop *IV*.

Op het zo verkregen geheel *1...5* worden nu de gloeidraden bevestigd. *Fig. 5* laat zien hoe de gloeidraden door geconcentreerde hoogfrequentieverhitting worden gesoldeerd aan de bus *2b* (vgl. fig. 2 en 3). Ook dit gebeurt met behulp van een mal en in een beschermend gas. Vervolgens worden de gloeidraden, die uit thoriumoxydehoudend wolfraam bestaan, ter verbetering van de emissie „gecarboniseerd" (d.w.z. gegloeid in een koolstofhoudend gas, om het thoriumoxyde te reduceren). Tot slot wordt de gasbinder aangebracht.

Het nauwkeurig concentrisch vastsolderen van het rooster geschiedt op soortgelijke wijze als het bevestigen van de gloeidraden. Dan volgt het aansmelten van de anode; hierbij is het beschermende gas alleen binnen in de buis aanwezig. Na het pompen en het afknijpen volgen het opsolderen van de radiator en het verzilveren van de uitwendige metalen delen.

De katode

Zoals gezegd, bestaat de katode uit gethorieerd wolfraam. In het in [3]) aangehaalde artikel werd al uiteengezet dat aan gebruik van dit materiaal lange tijd twee bezwaren in de weg hebben gestaan. Het

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

eerste was roosteremissie, doordat op het rooster thorium neerslaat, dat uit de katode is verdampt, en het tweede was het feit dat alleen het kostbare tantaal, gebruikt als materiaal voor de anode, voldoende weinig gas afgaf om bederven van de katode door sporen zuurstof te voorkomen. Ook werd toen opgemerkt dat pas door de ontdekking van de gasbindende eigenschappen van zirconium [5]) de gethorieerde katode op ruimer schaal kon worden toegepast in combinatie met een anode van een minder prijzig materiaal, waarvoor toentertijd grafiet werd gekozen; zoals reeds werd vermeld, is in de TBL 2/300 voor de anode fernico gebruikt. Zowel bij telecommunicatie als bij industriële toepassingen is gebleken dat de gethorieerde wolfraamkatode, met zirconium als gasbinder, een zeer lange levensduur heeft. Op de kwestie van de roosteremissie komen wij aanstonds terug.

Bij het ontwerpen van een katode voor een buis die ook bij frequenties van honderden MHz moet werken, treden bovendien de volgende moeilijkheden op. De eerste is dat als gevolg van de looptijd de geëmitteerde elektronen niet precies in de juiste faze het rooster passeren en derhalve voor een deel naar de katode terugkeren. Aldus ontstaat een elektronenbombardement, dat de katode extra verhit en voor een oxydekatode zeer schadelijk is wegens verstuiving van de oxydelaag. Een andere oorzaak waardoor een oxydekatode tijdens het emitteren heter wordt, is het slechte elektrische geleidingsvermogen aan het grensvlak tussen het nikkel en de oxydelaag. Bij de gethorieerde wolfraamkatode is deze laatste oorzaak afwezig, en tevens blijkt dit soort katode veel beter tegen het elektronenbombardement bestand te zijn, zelfs bij stroomdichtheden van 1 tot 1,5 A/cm². Een bekend middel om de invloed van het elektronenbombardement te verminderen, is dat men bij frequenties waarbij het looptijdeffect merkbaar is, de gloeispanning lager kiest dan bij lagere frequenties. Bij de TBL 2/300 behoeft de gloeispanning maar weinig verlaagd te worden. Ze kan in grote frequentiegebieden zelfs constant blijven, zodat ze bij overgang op een andere frequentie in zo'n gebied in het geheel niet veranderd behoeft te worden. De volgende waarden zijn voorgeschreven:

frequentie	gloeispanning
≦ 600 MHz	3,4 V
600-750 MHz	3,3 V
750-900 MHz	3,2 V

De tweede moeilijkheid hangt samen met de eis dat de katode — indien men geen kunstgrepen toepast — zeer kort moet zijn in vergelijking met de kleinste golflengte λ_{min} waarop de buis moet werken. Ter verduidelijking is in *fig. 6* de buis met de bijbehorende kringen in doorsnede getekend. Op de katode *K*, het rooster *G* en de anode *A* sluiten coaxiale lechersystemen aan; het afstemmen geschiedt door verplaatsen van de zuigers *p-p* en *q-q*. Wij beschouwen nu de toestand waarin de afstanden van *p* en *q* tot het einde *m* van de eigenlijke triode beide $\frac{1}{4}\lambda_{min}$ zijn (ca. 8 cm bij 900 MHz).

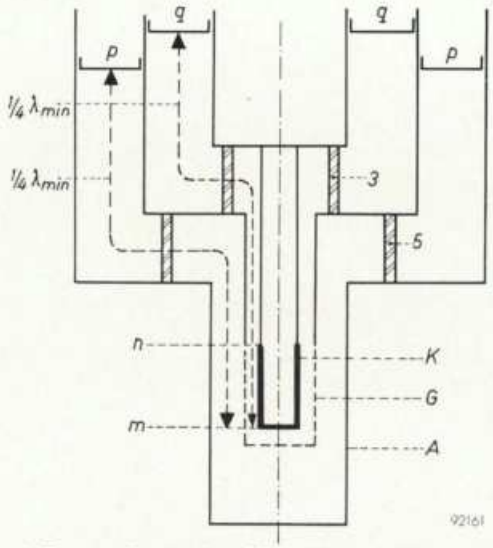


Fig. 6. Doorsnede van buis TBL 2/300 met coaxiaal systeem. *K* katode. *G* rooster. *A* anode. *3*, *5* glazen ringen. *p-p* afstemzuiger van de anodekring. *q-q* afstemzuiger van de roosterkring. Tussen *m* en *n* bevindt zich de eigenlijke triode. De afstanden *m-p* en *m-q* zijn ¼ golflengte.

In *fig. 7* is getekend hoe de hoogfrequente spanningen V_{ag} en V_{kg} van de anode resp. de katode ten opzichte van het rooster variëren van het einde *m* tot de zuigers *p* resp. *q*. In fig. 7*a* is ondersteld dat de katode een buisje is (dat direct of indirect wordt verhit). De lengte *m-n* van de eigenlijke triode bedraagt ca. ¼ van de lengte $m\text{-}p = m\text{-}q = \frac{1}{4}\lambda_{min}$, en bij gevolg zijn de spanningsverschillen ΔV_{ag} en ΔV_{kg} langs anode resp. katode klein. Een dunwandig buisje, zoals voor een katode nodig zou zijn, kan echter niet van gethorieerd wolfraam worden getrokken. Men is dus praktisch aangewezen op een (direct verhitte) draadvormige katode. Als men niet in een zeer grote gloeistroom wil vervallen, moet de draad vrij dun en lang zijn. Zo zal men geneigd zijn, voor de katode de „spiraalvorm" (schroeflijnvorm) te kiezen

[5]) J. H. de Boer en J. D. Fast, Rec. Trav. chim. Pays-Bas **55**, 459-467, 1936; J. D. Fast, Philips techn. T. **5**, 225-230, 1940.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

(fig. 7*b*). Het werken bij ultrahoge frequenties is dan echter onmogelijk. Immers, is de draadlengte omstreeks $\frac{1}{2}\lambda_{min}$, dan zal zich in het midden van de katode een spanningsknoop vormen. Daar ter plaatse is V_{kg} nul en de katode dus onwerkzaam, terwijl aan weerszijden van de knoop de anodestromen met elkaar in tegenfaze zijn; dan is de totale anodewisselstroom dus vrijwel nul en de buis kan niet werken.

De oplossing van deze moeilijkheid is gevonden door twee parallelgeschakelde spiralen te nemen,

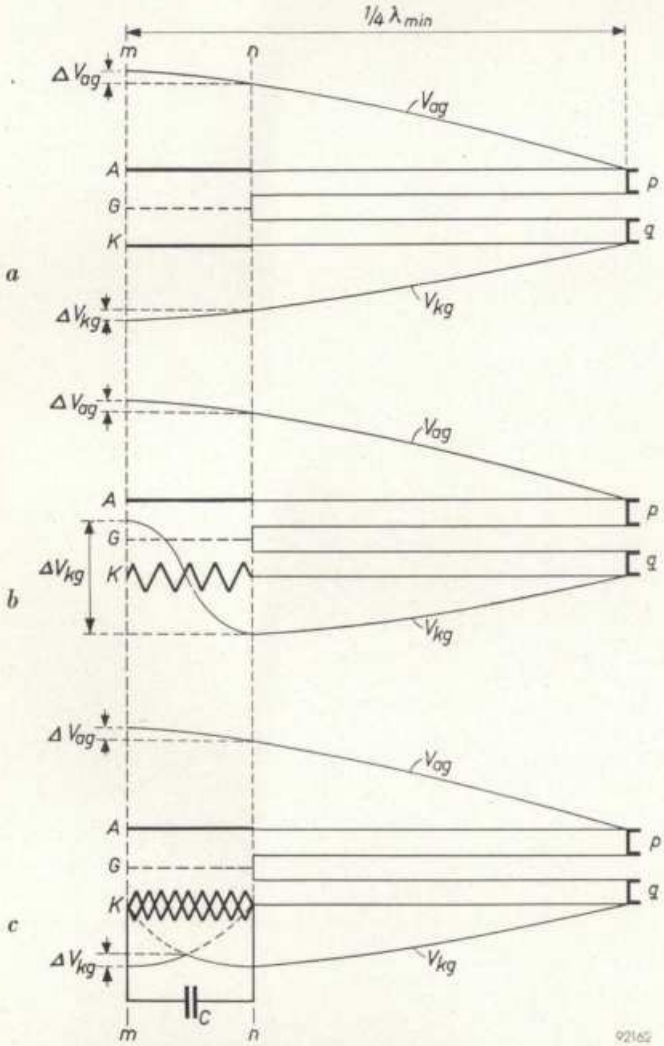


Fig. 7. *K* katode, *G* rooster en *A* anode van een schematisch getekende triode, met het verloop van de wisselspanningen V_{ag} tussen anode en rooster, en V_{kg} tussen katode en rooster, in de lengterichting van anode resp. katode. ΔV_{ag}, ΔV_{kg} spanningsverschil langs deze elektrodes. *p*, *q* afstemzuigers (vgl. fig. 6). m-$p = m$-$q = \frac{1}{4}\lambda_{min}$.
a) De katode is buisvormig gedacht. ΔV_{ag} en ΔV_{kg} zijn klein als de elektrodes kort zijn in vergelijking met $\frac{1}{4}\lambda$. De katode is dus vrijwel een equipotentiaalkatode.
b) De katode is een spiraal met draadlengte $\frac{1}{2}\lambda$. De beide helften zijn in tegenfaze met elkaar en annuleren dus elkaars werking.
c) De katode bestaat uit twee parallelgeschakelde spiralen van $\frac{1}{4}\lambda$, overbrugd door een condensator *C*. Het spanningsverschil ΔV_{kg} is ongeveer even klein als bij (*a*).

elk met een draadlengte van 7,5 cm ($\approx \frac{1}{4}\lambda_{min}$), en deze te overbruggen met een condensator *C* van zodanige capaciteit dat het einde *m* (fig. 7*c*) vrijwel dezelfde hoogfrequente potentiaal krijgt als het einde *n*. Het gevolg is dat V_{kg} over de gehele lengte van de katode nagenoeg constant is, zodat de katode voor hoge frequenties vrijwel een equipotentiaalkatode is. Het in fig. 7*c* geschetste verloop van V_{kg} is gemeten aan een vergroot model (ontworpen door J. M. van Hofweegen) met een overeenkomstig grotere golflengte.

Fig. 8 toont de twee spiralen (duidelijkheidshalve naast elkaar getekend) en hun schakeling. De overbruggingscondensator *C* wordt gevormd door de bovengenoemde sandwichinsmelting (fig. 2), waarvan de capaciteit ca. 50 pF is. Bij een gloeispanning van 3,4 V bedraagt de gloeistroom ca. 19 A.

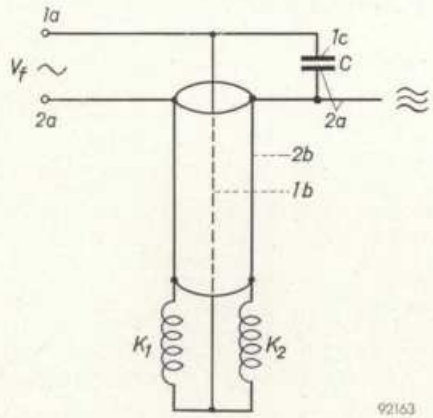


Fig. 8. De twee spiralen K_1 en K_2 (duidelijkheidshalve naast elkaar getekend) en de overbruggingscondensator *C*. Betekenis van *1a*, *1b*, *1c*, *2a* en *2b* als in fig. 2 en 3. Tussen *1a* en *1b* komt de gloeispanning V_f te staan. *2a* is tevens aansluiting voor de hoogfrequente stroom.

Het rooster

Het kooivormige rooster bestaat uit een groot aantal staafjes, die door vijf ringen met elkaar zijn verbonden. Aldus benadert het rooster in elektrisch opzicht in voldoende mate een geleidende, geheel gesloten, cilindermantel, wat nodig is om het in fig. 7*c* getekende verloop van V_{kg} te krijgen.

Een oud probleem bij zendbuizen is roosteremissie. Van de katode verdampt katodemateriaal (in casu thorium), en wanneer dit op het rooster neerslaat, kan het rooster in vrij sterke mate elektronen emitteren. Deze vormen een stroom die tegengesteld loopt aan de normale roosterstroom. Wordt de negatieve roosterspanning opgewekt met behulp van een lekweerstand, dan kan het afnemen van de totale roosterstroom leiden tot instabiliteit van de instelling. De kans hierop is vooral groot wanneer de buis plotseling vol wordt belast nadat

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

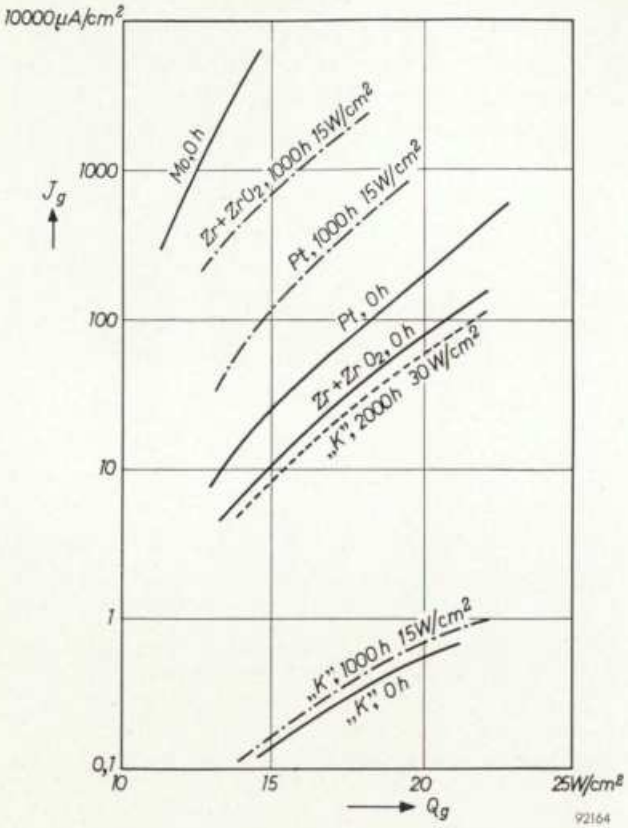


Fig. 9. Specifieke roosteremissie J_g (op logaritmische schaal) van proefbuizen TBL 2/300, met roosters van verschillende materialen, als functie van de specifieke roosterdissipatie Q_g. Getrokken krommen gelden voor nieuwe buizen. Punt-streepkrommen: gemeten na 1000 h met $Q_g = 15$ W/cm². Stippellijn: gemeten na 2000 h met $Q_g = 30$ W/cm².
Mo = molybdeen. *Pt* = platina op molybdeen. $ZrO_2 + Zr$ = zirconiumoxyde en zirconium op molybdeen. „K" = K-materiaal.

gedurende een lange periode de gloeidraad ingeschakeld is geweest zonder dat anodespanning aanwezig was: in zulk een periode is veel katodemateriaal op het rooster beland, bij de belasting wordt het rooster heet en zal het dus sterk emitteren.

Van verschillende stoffen, zoals platina en zirconiumoxyde, is bekend dat zij, als roostermateriaal gebruikt, emissie tegengaan. Wij hebben ze in proefbuizen TBL 2/300 uitvoerig vergeleken, zowel in nieuwe buizen als in buizen die 1000 uur hadden gewerkt met de hoge specifieke roosterbelasting van 15 W/cm². De resultaten ziet men in *fig. 9*. Hier is de specifieke roosteremissiestroom logaritmisch uitgezet als functie van de specifieke roosterbelasting. Men ziet dat van alle onderzochte materialen molybdeen verreweg het sterkst emitteert en dus het slechtst is. In verse toestand is platina (aangebracht op een kern van Mo) aanzienlijk beter, en zirconiumoxyde (vermengd met zirconium, en eveneens aangebracht op Mo) is nog iets beter. Na 1000 uur, met 15 W/cm² echter is de emissie van dit laatste materiaal groter geworden dan die van Pt en vrij dicht die van onbedekt Mo genaderd.

Aanzienlijk beter is een nieuw materiaal, het zg. K-materiaal. De emissie hiervan is ca. 1/100 van die van ZrO_2+Zr of van Pt in verse toestand, en na 1000 uur met 15 W/cm² is de emissie nog vrijwel niet toegenomen. Pas na 2000 uur met 30 W/cm² (vier maal zo veel als overeenkomt met de buisspecificatie!) nadert de emissie die van vers ZrO_2+Zr. De grote ductiliteit van het K-materiaal maakt dat roosters, hiervan vervaardigd, goed bestand zijn tegen schokken en trillingen; dit is van belang, gezien de mobiele en industriële toepassingen van de TBL 2/300. Deze gunstige combinatie van elektrische en mechanische

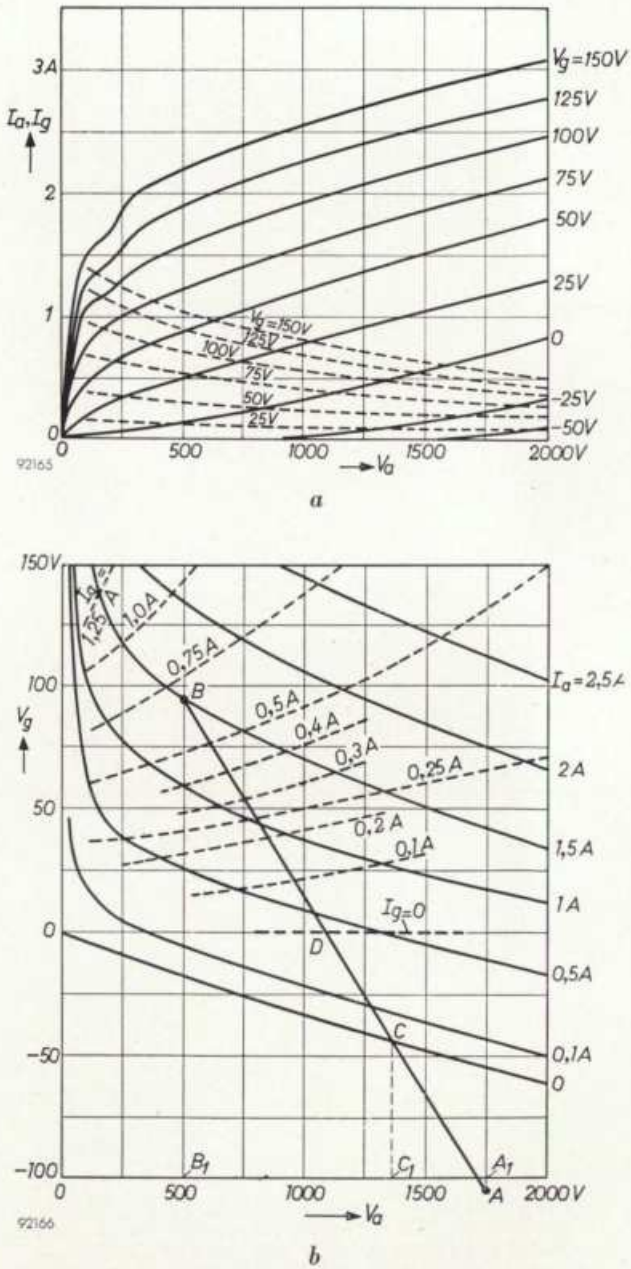


Fig. 10. Statische karakteristieken van de TBL 2/300. *a*) Anodestroom I_a (getrokken) en roosterstroom I_g (gestippeld) als functie van de anodespanning V_a, met de roosterspanning V_g als parameter. *b*) V_g als functie van V_a bij constante I_a (getrokken) en bij constante I_g (gestippeld).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

eigenschappen is dan ook aanleiding geweest, voor het rooster van de TBL 2/300 dit materiaal te kiezen, met een zodanige geometrie van de elektrodes dat de specifieke roosterdissipatie bij normaal werken ver beneden 15 W/cm² blijft.

De zg. fysische grensbelasting van het rooster, d.i. de belasting waarbij het ogenblikkelijk bederft, ligt bij ca. 60 W/cm². De grote speling tussen deze grenswaarde en de normale belasting van het rooster is een belangrijk praktisch voordeel bij het instellen van een in aanbouw of ontwikkeling zijnde oscillator.

Elektrische eigenschappen

Statische karakteristieken

Als functie van de anodespanning V_a zijn het verloop van de anodestroom I_a en dat van de roosterstroom I_g weergegeven in *fig. 10a*, met de roosterspanning V_g als parameter. Hieruit kan men fig. 10*b* afleiden, die V_g als functie van V_a voorstelt; de getrokken krommen gelden voor constante I_a, de gestippelde voor constante I_g. Deze grafiek heeft het voordeel dat de werklijn een rechte lijn is, wat de berekening van een buisinstelling eenvoudiger maakt.

Zoals men uit fig. 10*a* kan afleiden, bedraagt in het gebied van positieve roosterspanning de steilheid S ca. 18 mA/V en de versterkingsfactor μ ca. 32.

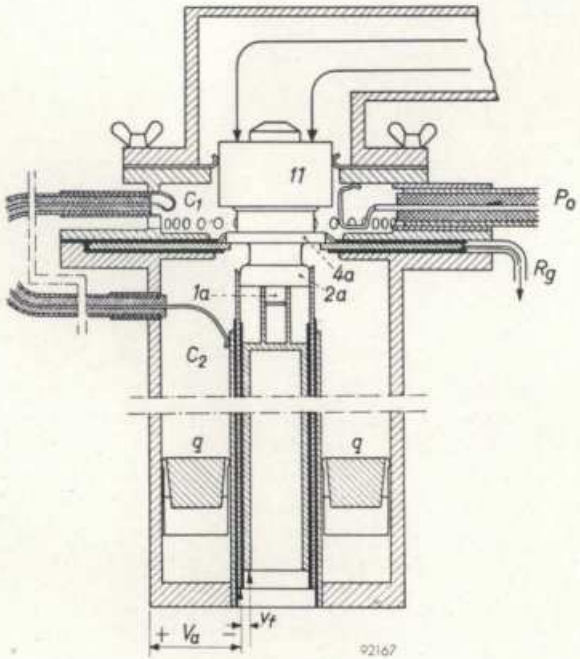


Fig. 11. Doorsnede door het coaxiale systeem van de oscillator waarin buizen TBL 2/300 worden beproefd bij 840 MHz. *1a*, *2a* gloeidraadcontacten, *4a* roostercontact en *11* anodecontact van de TBL 2/300. C_1 verwisselbare anodetrilholte. C_2 roostertrilholte, afstembaar met de zuiger *q*. Links de coaxiale kabel die terugkoppeling tussen de beide trilholten teweegbrengt. Rechts de kabel waardoor het uitgangsvermogen P_o wordt afgenomen, en de aansluiting voor de roosterweerstand R_g. Onderaan de aansluitingen voor de gloeispanning V_f en de voedingsspanning V_a. Aan de bovenkant wordt lucht binnengeblazen.

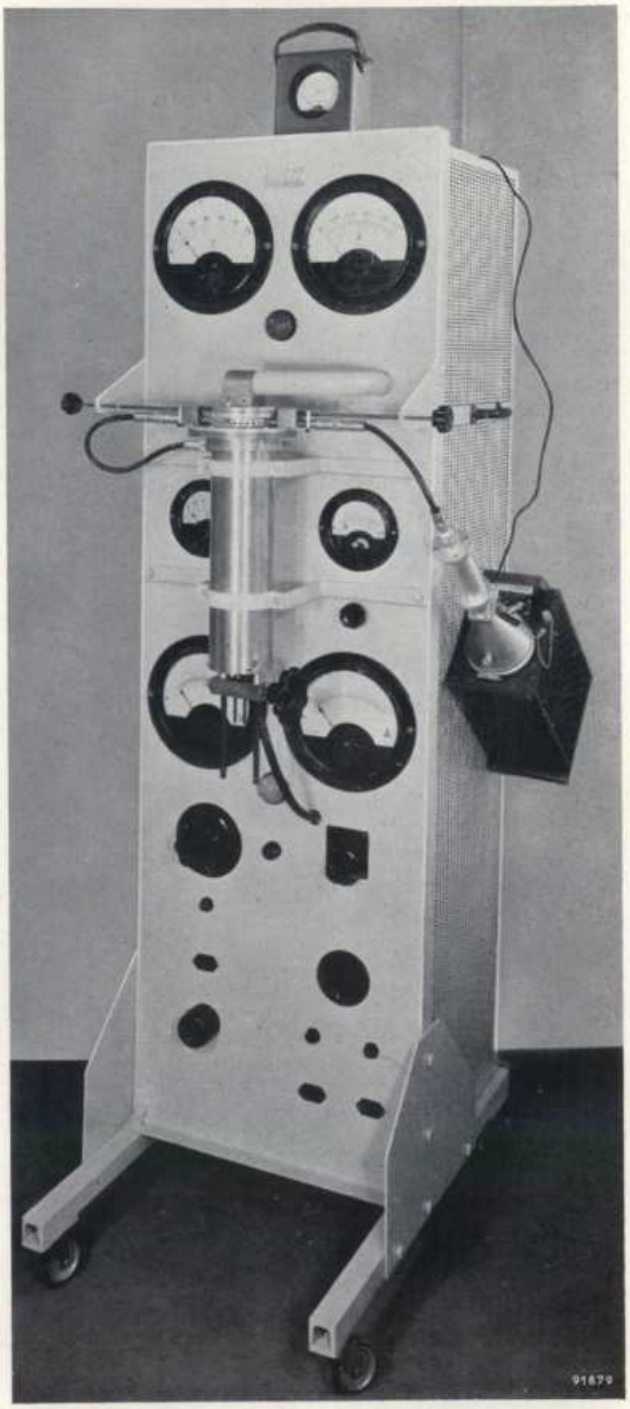


Fig. 12. Beproevingsoscillator, werkend op 840 MHz. De buis TBL 2/300 bevindt zich in de metalen cilinder op de voorgrond. Rechts de belasting.

Gebruik in oscillerende schakelingen

Met vele exemplaren van de TBL 2/300 zijn uitvoerige metingen en levensduurproeven (gedurende vele duizenden uren) gedaan in verschillende oscillatorschakelingen. Eén van deze oscillatoren werkt op 840 MHz. *Fig. 11* geeft enige constructiedetails, *fig. 12* laat het uiterlijk zien en *fig. 13* geeft de

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

frequentie als functie van de hoogte H der verwisselbare anodetrilholte bij diameters $D = 90$ en 118 mm. Voorts werkt sinds geruime tijd te Eindhoven een experimentele televisiezender (beeld 772,25 MHz, geluid 777,75 MHz) waarin buizen TBL 2/300 dienst doen.

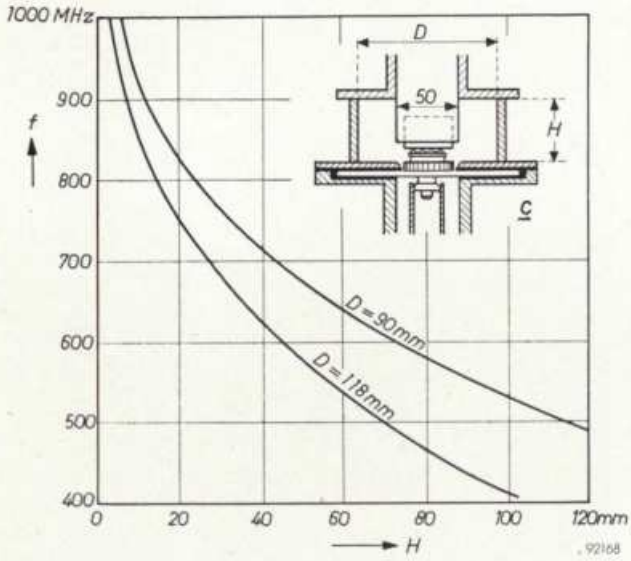


Fig. 13. Frequentie f in afhankelijkheid van de hoogte H van de anodetrilholte, voor twee verschillende diameters D. Inzet: schematische doorsnede van de trilholte (vgl. fig. 11).

Bij de proeven is gebleken dat de voedingsspanning 2500 V mag bedragen bij frequenties tot 200 MHz, maar met het oog op het diëlektrische verlies in het glas moet worden verlaagd naarmate de frequentie hoger is (tot 1300 V bij 900 MHz). Mede als gevolg hiervan daalt het maximale afgegeven vermogen P_o van 475 W bij 200 MHz tot ruim 150 W bij 900 MHz. In *tabel I* zijn de bij een normale instelling gemeten waarden en de maximale waarden opgegeven; zie ook *fig. 14*.

Betreffende de roosterdissipatie dient nog het volgende te worden opgemerkt. Behalve de in de tabel vermelde dissipatie P_g van ca. 6 W, veroorzaakt door elektronenbombardement, wordt in de roosterstaven zelf nog warmte ontwikkeld door stroomgeleiding. Als gevolg van het huideffect is deze bijdrage tot de totale roosterdissipatie naar verhouding belangrijk: ca. 6 W bij 470 MHz, ca. 8 W bij 900 MHz. In totaal kan het rooster dus $6+8 = 14$ W te dissiperen krijgen. Daar het een oppervlakte van 2 cm² heeft, bedraagt de totale specifieke roosterbelasting maximaal 7 W/cm². Dit is dus ver beneden de specifieke belasting van 15 W/cm² waarbij het K-materiaal op levensduur is onderzocht, en nog verder beneden de „fysische grens" (60 W/cm²). (Bij dit bedrag is niet inbegrepen de — steeds even grote — straling die het rooster van de gloeidraden ontvangt.)

Zoals al werd opgemerkt, is het bij diathermie (en ook bij industriële toepassingen van hoogfrequentieverhitting) dikwijls geoorloofd, de buis te laten werken op wisselspanning. Men spaart dan de kosten en de elektrische verliezen van gelijkrichtbuizen en van een afvlakfilter uit. Gevoed met wisselspanning van 1900 V (effectieve waarde) en een gemiddelde anodestroom van 166 mA, neemt de buis een vermogen van $(\pi/2\sqrt{2}) \times 1900 \times 0{,}166 =$ 350 W op; bij een frequentie van 460 MHz bedraagt het afgegeven vermogen dan 227 W, het rendement dus 65%. Van dit afgegeven vermogen gaat een deel verloren in de afgestemde kring. Dit deel kan ca. $\frac{1}{3}$ bedragen, zodat er dan ca. 150 W als nuttig vermogen overblijft. Kenmerkend voor de zoëven genoemde toepassingen is dat de belasting herhaaldelijk wordt weggenomen. De buis, die blijft oscilleren, komt dan in een toestand met grote roosterstroom te verkeren (deze neemt b.v. toe van 66 tot 95 mA, terwijl de voedingsspanning toeneemt van 1900 tot 1950 V), maar ook hierbij bleek de levensduur zeer bevredigend te zijn.

Vermogensversterking en bandbreedte

De vermogensversterking die men met de buis TBL 2/300 bij 470 MHz kan bereiken, bedraagt ca. 15 in de katodebasis- en ca. 5 in de roosterbasisschakeling.

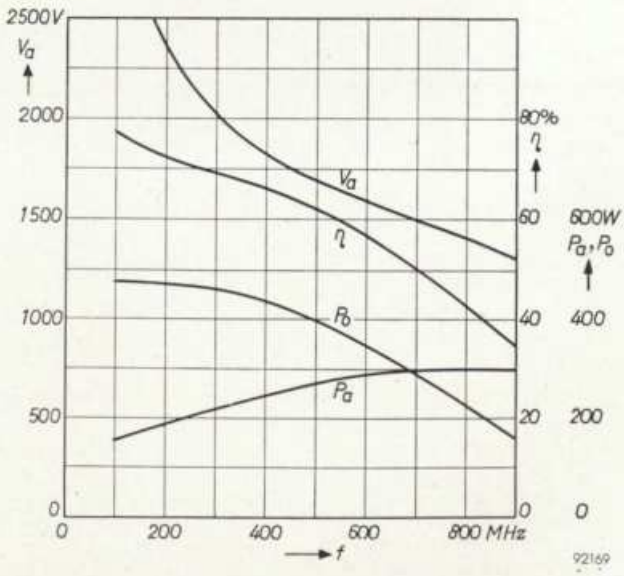


Fig. 14. Maximaal toelaatbare voedingsspanning V_a, maximaal toelaatbare anodedissipatie P_a, afgegeven vermogen P_o en rendement η van een oscillerende buis TBL 2/300, als functie van de frequentie f.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Tabel I. Spanningen, stromen, vermogens en rendement bij buizen TBL 2/300 in oscillerende schakeling. De waarden tussen haakjes zijn de toelaatbare maxima.

Frequentie (MHz)	175		470		900	
golflengte (cm)	172		64		33	
gloeispanning (V)	3,4		3,4		3,2	
voedingsspanning (V)	2500	(2500)	1750	(1750)	1300	(1300)
anodegelijkstroom (mA)	260	(400)	380	(400)	350	(400)
roostergelijkspanning (V)	—200	(—300)	—105	(—300)	—60	(—300)
roosterwisselspanning (top) (V)	275		190		—	
roostergelijkstroom (mA)	100	(120)	100	(120)	100	(120)
ingangsvermogen P_i (W)	650	(1000)	665	(700)	455	(520)
anodedissipatie P_a (W)	175	(300)	260	(300)	300	(300)
roosterdissipatie P_g (W)	ca. 6	(15)	ca. 6	(15)	ca. 6	(15)
afgegeven vermogen P_o (W)	475		405		155	
rendement P_o/P_i (%)	73		61		34	

De buiscapaciteiten zijn:

anode-rooster: C_{ag} = ca. 4 pF,
anode-katode: C_{ak} = ca. 0,12 pF,
rooster-katode: C_{gk} = ca. 9 pF.

Een kleine waarde van C_{ag} is van belang voor bredebandversterking. Voor de bandbreedte B geldt namelijk:

$$B = \frac{1}{2\pi R_a C_{ag}}.$$

Hierin is R_a de belastingsweerstand (het quotiënt van de anodewisselspanning en de eerste harmonische van de anodestroom). Met $C_{ag} = 4$ pF en $R_a = 2000$ ohm wordt $B = 20$ MHz, een bandbreedte die voor alle bestaande televisiesystemen ruim voldoende is en waarin een groot aantal telegrafie- en telefoniekanalen kunnen worden ondergebracht.

Voor de vermogensversterking G_k in katodebasisschakeling geldt:

$$G_k = \frac{P_o}{P_{ig}} = \frac{\frac{1}{2}V_{a1}I_{a1}}{\frac{1}{2}V_{g1}I_{g1}}.$$

Hierin is P_{ig} het te versterken, tussen rooster en katode toegevoerde, ingangsvermogen. Met V_{a1}, I_{a1}, V_{g1} en I_{g1} zijn de topwaarden van de eerste harmonische van anodespanning en -stroom resp. roosterspanning en -stroom bedoeld.

Als voorbeeld kiezen wij een geval waarin de frequentie 470 MHz bedraagt en de daarbij als maximum toegelaten voedingsspanning van 1750 V wordt gebruikt. In fig. 10*b* is de helft (AB) van de gekozen werklijn getekend. Het midden A van de werklijn is gelegd bij $V_a = 1750$ V, $V_g = -105$ V, het einde B bij $I_{a\,max} = 1{,}5$ A. De maximale roosterstroom $I_{g\,max}$ is 0,7 A, de minimale anodespanning $V_{a\,min}$ is 500 V. De amplitude V_{a1} van de anodewisselspanning bedraagt dus 1750 — 500 = 1250 V.

De topwaarde I_{a1} der eerste harmonische van de anodewisselstroom vinden wij door eerst de „openingshoek" $2\Theta_a$ te bepalen: $2\Theta_a/2\pi$ is het deel van de periode waarin anodestroom loopt, waarin dus de buis „open" is (*fig. 15a*). Uit fig. 15*a* en *b* volgt:

$$\cos\Theta_a = \frac{A_1C_1}{A_1B_1},$$

Volgens fig. 10*b* is dit gelijk aan AC/AB, voor welke verhouding wij uit deze figuur vinden:

$$\cos\Theta_a = \frac{AC}{AB} = 0{,}325,$$

dus $\Theta_a = 72°$.

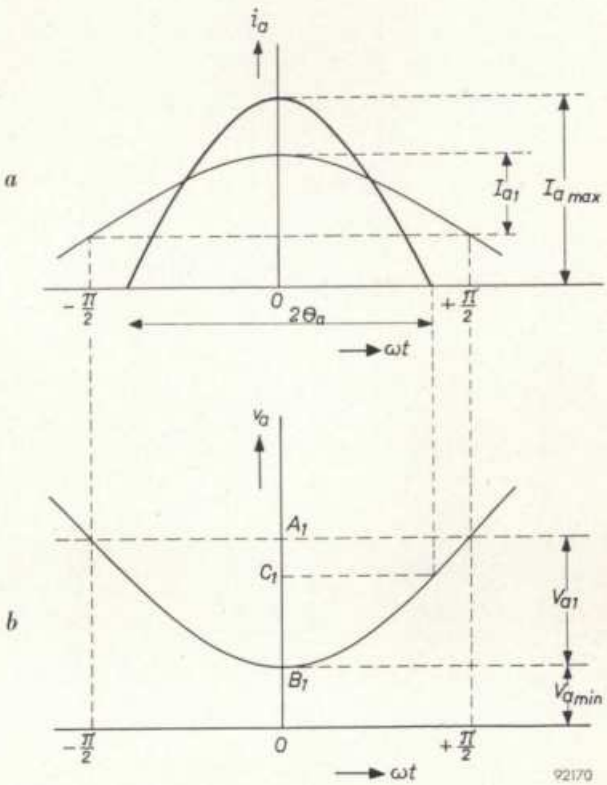


Fig. 15. *a*) Anodestroom i_a, (*b*) anodespanning v_a van een oscillerende buis, als functie van ωt (ω = hoekfrequentie, t = tijd). $2\Theta_a$ = openingshoek van de anodestroom. Dun getrokken: de som van de eerste harmonische van i_a (met amplitude I_{a1}) en de gelijkstroom.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Uit de openingshoek volgt de verhouding $I_{a1}/I_{a\,max}$ [6]; bij $\Theta_a = 72°$ behoort $I_{a1}/I_{a\,max} = 0{,}43$, zodat

$$I_{a1} = 0{,}43 \times 1{,}5 = 0{,}65 \text{ A}.$$

Daarmee vinden wij voor de anodeweerstand $R_a = V_{a1}/I_{a1} = 1250/0{,}65 = 1930$ ohm (zoëven afgerond op 2000 ohm) en voor het uitgangsvermogen P_o:

$$P_o = \tfrac{1}{2} \times 1250 \times 0{,}65 = 405 \text{ W}.$$

Voor V_{g1} (het verschil tussen de ordinaten van B en A in fig. 10*b*) lezen wij af: 200 V. Voor de halve openingshoek Θ_g van de roosterstroom geldt:

$$\cos \Theta_g = \frac{AD}{AB} = 0{,}52,$$

dus $$\Theta_g = 58°.$$

Hierbij behoort [6]:

$$\frac{I_{g1}}{I_{g\,max}} = 0{,}38,$$

zodat $$I_{g1} = 0{,}38 \times 0{,}70 = 0{,}27 \text{ A}$$

en $$P_{ig} = \tfrac{1}{2} \times 200 \times 0{,}27 = 27 \text{ W}.$$

De vermogensversterking is derhalve:

$$G_k = \frac{405}{27} = 15.$$

In roosterbasisschakeling geldt voor de vermogensversterking G_g:

$$G_g = \frac{P_o + P_d}{P_{ig} + P_d},$$

waarin P_d het doorgaande vermogen is, gelijk aan $\frac{1}{2} V_{g1} I_{a1}$, in bovenstaand voorbeeld 65 W. Dus

$$G_g = \frac{405 + 65}{27 + 65} = 5{,}1.$$

[6]) J. P. Heyboer, Zendbuizen, Philips' techn. Bibl. 1946, blz. 40, fig. 19.

Uitvoering in keramiek

Tot slot willen wij met enkele woorden melding maken van de nieuwste versie van de TBL 2/300, die zich nog in ontwikkeling bevindt. Hierbij zijn de glazen ringen *3* en *5* (zie fig. 2 en 3) vervangen door keramische ringen. Het keramische materiaal heeft een aanmerkelijk kleinere verliesfactor tg δ dan de beste soorten hard glas die geschikt zijn voor aansmelting aan fernico. Dientengevolge behoeft de voedingsspanning bij toenemende frequentie minder te worden verlaagd en kan de buis dus bij de hoogste frequenties een groter vermogen leveren.

Een moeilijkheid vormde aanvankelijk het aansolderen. Een goede methode hiervoor, ontwikkeld in de Radioröhrenfabrik Valvo te Hamburg, zal te zijner tijd in dit tijdschrift worden besproken.

Samenvatting. De zendbuis TBL 2/300, voor frequenties tot 900 MHz, is een schijftriode met een direct verhitte katode van gethorieerd wolfraam, een kooivormig rooster en een anode die door een luchtstroom wordt gekoeld. De katode bestaat uit twee parallelgeschakelde spiralen, elk met een draadlengte van ca. $^1/_4$ der kleinste golflengte, overbrugd door een condensator van zodanige capaciteit (50 pF) dat de katode vrijwel een equipotentiaalkatode is; de condensator wordt gevormd door een zg. sandwichinsmelting. Een nieuw materiaal (zg. K-materiaal) wordt gebruikt voor het rooster, omdat het een zeer geringe emissie vertoont, ook nadat de buis lange tijd met grote roosterdissipatie heeft gewerkt, en omdat het goed bestand is tegen schokken.

De steilheid is ca. 18 mA/V, de versterkingsfactor ca. 32. In oscillerende schakelingen levert de buis bij 470 MHz 405 W, en bij 900 MHz 155 W, met een rendement van 61 resp. 34%. De vermogensversterking bedraagt ca. 15 in katodebasis- en ca. 5 in roosterbasisschakeling (beide bij 470 MHz). Dank zij de geringe rooster-anodecapaciteit (ca. 4 pF) versterkt de buis nog goed bij bandbreedten tot 20 MHz.

Een nieuwe, nog in ontwikkeling zijnde, versie van deze buis, waarin de isolerende glazen ringen zijn vervangen door keramische, kan een nog wat groter vermogen leveren.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

CENTERLOOS SLIJPEN VAN KERAMISCHE BUISJES

Keramische buisjes zijn een in de elektronentechniek veelvuldig gebruikt constructieonderdeel. De foto toont het centerloos slijpen tot een bepaalde uitwendige diameter. Door middel van een zg. trilvuller (op de voorgrond) worden de nog niet geslepen buisjes via een metalen pijpje naar de slijpsteen en de drukrol geleid.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

TOEPASSING VAN TELEVISIETECHNIEK VOOR HET OPSPOREN VAN VERANDERLIJKE STERREN

621.397.611.2:523.841.3

Veranderlijke sterren zijn sterren die in helderheid variëren. Zij zijn voor de astronomie van groot belang, o.a. omdat het vaak mogelijk is van deze sterren de afstand tot de aarde te bepalen. In het Sterrenkundig Laboratorium Kapteyn van de Rijksuniversiteit te Groningen is een elektronisch apparaat geconstrueerd voor het opsporen van zulke veranderlijke sterren. Daarbij is gebruik gemaakt van de televisietechniek [1]).

Het opsporen van veranderlijke sterren geschiedt met behulp van twee foto's van een zelfde deel van de sterrenhemel. Deze foto's worden gemaakt op verschillende tijdstippen, maar onder overigens zo goed mogelijk gelijke omstandigheden. Als de helderheid [2]) van een ster veranderd is in de tijd die tussen de beide opnamen verliep, dan blijkt dat vooral uit een verschil in diameter van de beeldjes.

Het vergelijken der foto's geschiedt in de regel met behulp van de zg. „blinkmicroscoop". Met dit instrument kan men beurtelings de twee foto's op dezelfde plaats in het gezichtsveld brengen. Ten aanzien van de sterren met constante helderheid verandert dan niets, maar de veranderlijke sterren ziet men als het ware groeien en weer krimpen. Het aantal sterren dat men bij deze werkwijze mist, is echter vrij groot, getuige het feit dat men niet steeds dezelfde sterren wéér vindt, wanneer men een bepaald paar platen enige malen onderzoekt.

Er zijn nog verschillende andere opsporingsmethodes bedacht. O.a. heeft men een vergelijkingsmethode ontwikkeld die erop berust dat men van de ene foto het originele negatief en van de andere een positief gebruikt en die op zodanige wijze gelijktijdig bekijkt dat de zwarte stippen van de ene de „gaten" van de andere bedekken. De niet-veranderlijke sterren worden op die wijze onzichtbaar, de veranderlijke blijven over. De fotografische stap die hier vereist wordt, brengt echter grote moeilijkheden mee.

Het nieuwe toestel berust op hetzelfde idee, maar vermijdt de fotografische tussenstap. Met behulp van de, in de televisietechniek gebruikelijke, lichtstipaftaster is het nl. mogelijk een fotografisch negatief naar verkiezing als „positief" of als „negatief" op een beeldscherm zichtbaar te maken. Een lichtstipaftaster maakt gebruik van een speciaal soort katodestraalbuis, met een kleine, heldere en vrijwel niet nalichtende stip. Deze stip beschrijft op het (vlakke!) scherm een lijnensysteem (raster), zoals dat ook bij televisieweergeefbuizen gebeurt. Door middel van een lens wordt de stip afgebeeld op het te onderzoeken transparante object. Het beeld van de stip tast dus het object af. Het doorgelaten licht valt via een condensorlens op een fotomultiplicatorbuis, welke dus een signaal geeft waarvan de grootte een maat is voor de fractie van het licht die, op het desbetreffende punt, door het object wordt doorgelaten. Dit signaal kan gebruikt worden om de intensiteit van de elektronenbundel van een televisieweergeefbuis te moduleren, waardoor men een afbeelding van het object op het televisiescherm krijgt [3]).

Met behulp van een half doorlatende spiegel is het mogelijk met één katodestraalbuis twee objecten tegelijk af te tasten. In het nieuwe toestel wordt hiervan gebruik gemaakt.

In *fig. 1* is het principe van dit toestel weergegeven. Het licht van de katodestraalbuis K (type MC 13-16) wordt door de half doorlatende spiegel M_4 en de sterk reflecterende spiegels M_1,M_2 en M_3 gesplitst in twee bundels; door middel van de lenzen L_1 en L_2 wordt de lichtstip aldus zowel op de plaat F_1 als op de plaat F_2 afgebeeld. F_1 en F_2 zijn de fotografische opnamen van een zelfde deel van de sterrenhemel waarvan hierboven werd gesproken. De signalen van de twee fotomultiplicatorbuizen P_1 en P_2 worden elektronisch van elkaar afgetrokken en het verschilsignaal wordt, na versterking, gebruikt als beeldsignaal voor de modulatie van de weergeefbuis B. Preciezer gezegd: een der signalen wordt van teken omgekeerd, het andere niet; daarna worden ze opgeteld. De twee signalen afzonderlijk geven dus op het scherm een „negatief" resp. een „positief" beeld. Zie *fig. 2*.

Wanneer men aldus twee identieke platen onderzoekt (waarbij uiteraard gezorgd moet worden dat de platen zo liggen dat steeds twee overeenkomstige punten tegelijk afgetast worden), dan zullen de twee fotomultiplicatorbuizen steeds een gelijk sig-

[1]) J. Borgman, Diss. Groningen 1956.

[2]) Onder de „helderheid" van een ster verstaat men in de astronomie de verlichtingssterkte die de ster op aarde teweegbrengt op een vlak dat loodrecht op de lijn aarde-ster staat. Vgl. b.v. R. W. Pohl, Einführung in die Optik, Springer-Verlag, Berlijn 1954, § 264.

[3]) Zie voor een nadere beschrijving van de lichtstipaftaster: F. H. J. van der Poel en J. J. P. Valeton, Philips techn. T. **15**, 217-228, 1953; en van de katodestraalbuis: A. Bril, J. de Gier en H. A. Klasens, Philips techn. T. **15**, 229-233, 1953.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

naal afgeven. Het verschilsignaal is dus steeds nul en op het televisiescherm is niets te zien. Zodra twee platen echter ergens verschillen (in ons geval: wanneer een deel van de hemel is gefotografeerd waar zich een veranderlijke ster bevindt), dan zal daar het beeldsignaal niet nul zijn en krijgen we het verschil der platen dus op het scherm te zien, hetzij donkerder, hetzij lichter dan de omgeving. Fig. 2 geeft daarvan een voorbeeld.

Fig. 3 toont een foto van de hele opstelling.

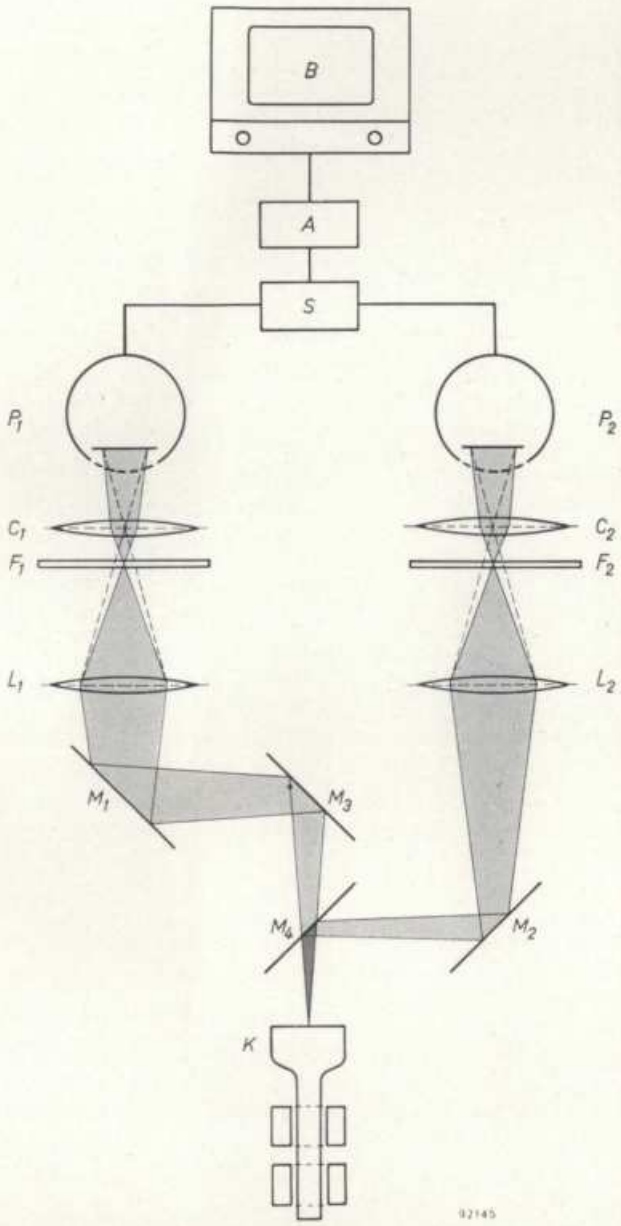


Fig. 1. Het principe van de lichtstipaftaster met twee kanalen. Het licht van de katodestraalbuis K wordt door de half doorlatende spiegel M_4 en de sterk reflecterende spiegels M_1, M_2 en M_3 in twee bundels gesplitst. De lenzen L_1 resp. L_2 beelden het raster dat door de lichtstip op het scherm van de katodestraalbuis K beschreven wordt, ca. 10 maal verkleind af op de twee te vergelijken fotografische opnamen (F_1 en F_2). C_1 en C_2 zijn condensorlenzen. De door de fotomultiplicatorbuizen P_1 en P_2 afgegeven signalen worden van elkaar afgetrokken. Het verschilsignaal moduleert, na versterking, de intensiteit van de elektronenstraal van de televisieweergeefbuis B die zich in een normaal televisietoestel bevindt. De deflectiespanningen voor de weergeefbuis en voor de katodestraalbuis zijn gesynchroniseerd. Voor details betreffende de schakelingen moge verwezen worden naar de in [1]) aangehaalde dissertatie.

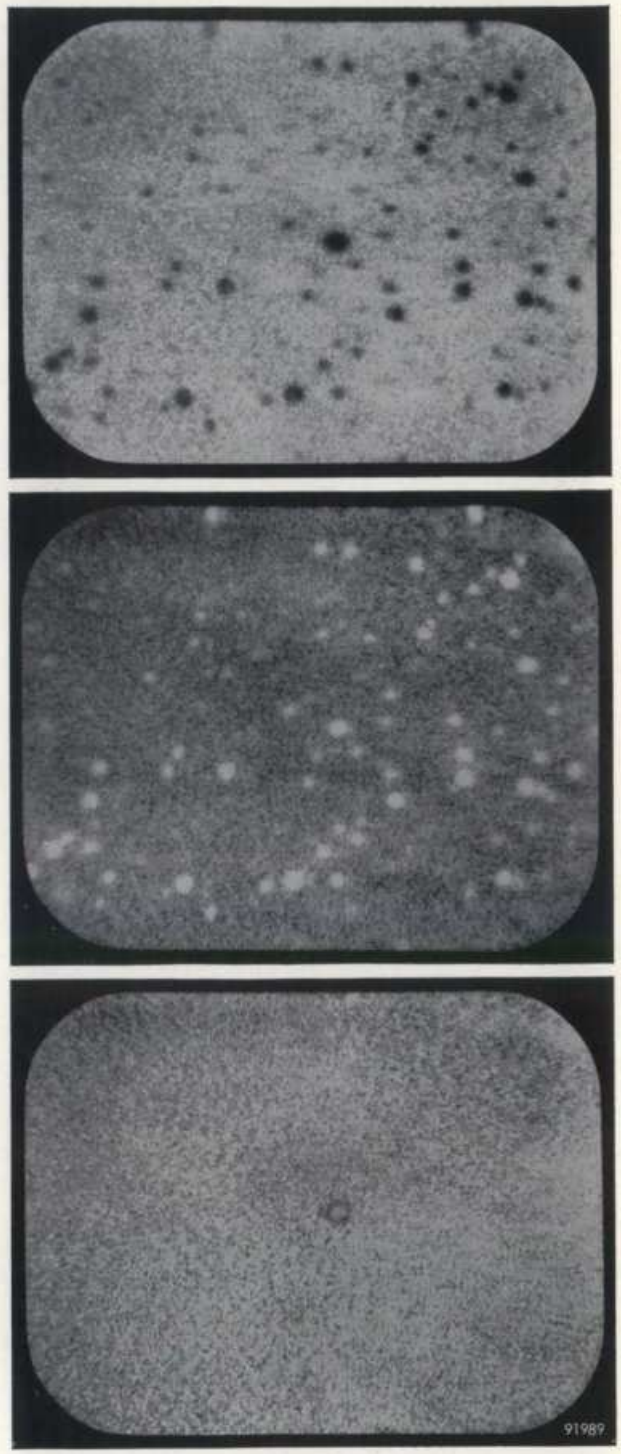


Fig. 2. Foto's van het televisiescherm met een veranderlijke ster in het afgetaste deel van de plaat. Van boven naar beneden: beeld van de ene plaat („negatief"); omgekeerd beeld van de andere plaat („positief"); de som van beide voorgaande. Ten einde een niet geretoucheerde foto te kunnen tonen, is een duidelijk geval uitgekozen. (Foto Centrale Fotodienst der Rijksuniversiteit te Groningen.)

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 3. Het beschreven instrument. De houder, waarin zich de twee platen bevinden, kan op rails in twee onderling loodrechte richtingen verplaatst worden. Onder het televisietoestel ziet men de beide fotomultiplicatorbuizen. Het chassis waarop de katodestraalbuis en de deflectiegeneratoren zijn gemonteerd, staat op de grond. De overige elektronische schakelingen bevinden zich in het rek. (Foto Centrale Fotodienst der Rijksuniversiteit te Groningen.)

De kans om met dit instrument op een zeker tweetal platen een veranderlijke ster te vinden, is niet eenvoudig in een getal uit te drukken, maar hangt zowel af van de helderheid als van de amplitude van de helderheidsverandering van een ster. Hier zij volstaan met de opmerking dat deze kans hier aanzienlijk groter is dan bij gebruik van de blinkmicroscoop, terwijl men bovendien een belangrijke tijdsbesparing verkrijgt.

Een instrument als dit kan men algemeen gebruiken in gevallen waarbij naar kleine verschillen tussen twee transparante objecten gezocht wordt. In de astronomie kan men nog denken aan het opsporen van hemellichamen die van plaats veranderen (waaronder in het bijzonder de planetoïden); buiten de astronomie misschien aan het vaststellen van falsificaties (b.v. bij bankbiljetten) en aan het opsporen van verschillen tussen twee op verschillende tijdstippen gemaakte luchtfoto's van het aardoppervlak.

J. BORGMAN *).

*) Sterrenkundig Laboratorium Kapteyn der Rijksuniversiteit te Groningen.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

EEN HOORTOESTEL MET TRANSISTORS

door P. BLOM en P. BOXMAN. 621.395.92:621.375.4

Enige tijd geleden is in dit tijdschrift reeds een kort bericht gewijd aan het transistorhoortoestel KL 5500. Een meer gedetailleerde beschrijving van dit apparaat doet duidelijk de grote voordelen aan het licht komen die hier door het gebruik van transistors worden verkregen.

De intrede van de transistor in de elektronentechniek heeft geheel nieuwe mogelijkheden geopend. De meest spectaculaire voordelen van transistors boven buizen zijn wel dat hun afmetingen en het opgenomen vermogen aanzienlijk geringer zijn dan bij buizen, het laatste in hoofdzaak doordat geen gloeistroom nodig is. Bovendien kan dit vermogen geleverd worden door een energiebron van lage spanning. Dit is speciaal een voordeel bij voeding uit droge batterijen: batterijen die energie leveren bij een spanning van enige volts zijn namelijk aanzienlijk goedkoper dan die welke dezelfde energie leveren bij enige tientallen volts. Verder is in de praktijk reeds gebleken dat men voor transistors in het algemeen een langere levensduur mag verwachten dan voor buizen.

Geringe afmetingen en lage batterijkosten zijn punten waarop het speciaal aankomt bij hoortoestellen. Het is dus niet verwonderlijk dat transistors juist hier hun eerste praktische toepassing op grote schaal hebben gevonden. Dit geldt te meer daar het hier versterking bij lage frequenties tot betrekkelijk geringe eindvermogens betreft, dus juist het toepassingsgebied waarvoor men het eerst transistors op commerciële schaal kon fabriceren. De bedoelde transistors kunnen overigens toch een groter eindvermogen leveren dan met de in buizenhoortoestellen gebruikelijke subminiatuurbuizen economisch mogelijk is.

Transistors bieden nog een aantal voordelen die ze juist voor hoortoestellen aantrekkelijk maken. In de schakeling met gemeenschappelijke emissor, welke schakeling voor versterking bij lage frequenties het meest wordt toegepast, zijn de impedanties die in het spel zijn, betrekkelijk laag [1]). Hierdoor behoeft men, zelfs bij een zeer compacte bouw, geen nadelige gevolgen te duchten van parasitaire capacitieve koppelingen. Deze vertegenwoordigen namelijk steeds zoveel hogere impedanties dat zij verwaarloosbare stromen voeren. Ook vertonen transistors geen microfonie en dus behoeft men tegen dit effect geen maatregelen te nemen, wat eveneens de compactheid ten goede komt.

Bij het Philips hoortoestel met transistors dat we hier willen beschrijven (type KL 5500) [2]), is er vooral waarde aan gehecht een zo groot mogelijke kring van patiënten te helpen. Dit is dan ook nog steeds het toestel met het grootste toepassingsgebied. Daarnaast worden thans nog twee andere typen gefabriceerd: het type KL 5600, dat in hoofdzaak overeenkomt met de KL 5500, maar waarbij — met opoffering van een deel van de toepassingsmogelijkheden en door hogere batterijkosten te accepteren — de afmetingen nog kleiner zijn gemaakt, en het type KL 5700, in zekere zin een luxetoestel waarin het bereiken van minimale afmetingen — bij behoud van een goede kwaliteit — geheel op de voorgrond is gesteld. In *fig. 1* ziet men de drie toestellen naast elkaar afgebeeld.

Eisen waaraan een hoortoestel moet voldoen

Het probleem van de woordverstaanbaarheid, welke natuurlijk het belangrijkste criterium is voor de bruikbaarheid van een hoortoestel, is bij de huidige toestellen voor een grote kring van patiënten redelijk opgelost. Hoewel het zoeken naar maatregelen ter verbetering van de woordverstaanbaarheid — in het bijzonder voor speciale gevallen van doofheid — nog steeds de volle aandacht heeft, komen de meer secundaire eisen, die betrekking hebben op het verlangen zonder inspanning comfortabel te kunnen horen, steeds meer op de voorgrond. Voor alle soorten van doofheid geldt dat comfortabel horen in de eerste plaats wordt be-

[1]) Voor de drie principiële schakelingen van transistors, nl. de schakelingen met gemeenschappelijke emissor, basis of collector, alsmede voor een overzicht van enige fundamentele eigenschappen, zie b.v. J. P. Beijersbergen, M. Beun en J. te Winkel, De lagentransistor als netwerkelement bij lage frequenties, I. Karakteristieken en *h*-parameters, Philips techn. T. **18**, 329-341, 1956 (no. 11).

[2]) In het kort al beschreven in Philips techn. T. **17**, 317-318, 1955 (no. 10).

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

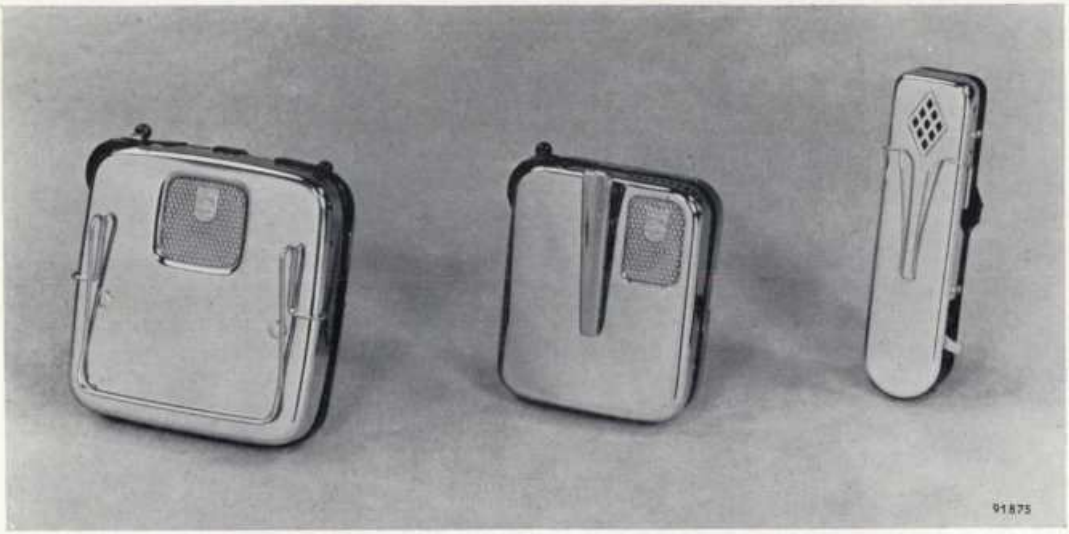


Fig. 1. De drie Philips hoortoestellen met transistors KL 5500, KL 5600 en KL 5700 (van links naar rechts). Het linkse toestel, dat het ruimste toepassingsgebied heeft, wordt in dit artikel besproken.

vorderd door een gunstige signaal-ruisverhouding en in de tweede plaats door een geringe niet-lineaire vervorming (door niet-lineaire vervorming voegt het apparaat zelf nieuwe frequenties toe aan het ontvangen signaal). Ruis wordt hier opgewekt, deels door de schakeling zelf, deels door het schuren van kledingstoffen over elkaar in de buurt van het toestel of over het toestel zelf (kledinggeruis).

De meer gedetailleerde eisen die men aan een hoortoestel moet stellen, hangen in hoge mate af van het karakter van de doofheid van de betrokken patiënt. Een toestel dat in de behoeften van een grote kring van patiënten moet voorzien, dient dus een aanzienlijke flexibiliteit te bezitten.

Het blijkt voor de meeste gevallen ruim voldoende als men een maximale akoestische versterking van 55 dB ter beschikking heeft. Hiervan kan de patiënt, naar gelang van de graad van zijn doofheid en van de sterkte van het geluid bij de microfoon, een meer of minder groot gedeelte (te regelen met een sterkteregelaar) gebruiken. Voor sommige zware gevallen is het echter gewenst de mogelijkheid open te houden de maximale akoestische versterking nog wat op te voeren, b.v. tot 65 dB.

Verder moet, opdat de versterking tot zijn recht kan komen, een voldoend grote geluidsdruk in het oor opgewekt kunnen worden zonder dat dit gepaard gaat met ernstige vervorming. De gebruikelijke telefoons kunnen de nodige druk zonder bezwaar leveren, mits de eindtransistor in het hoortoestel ver genoeg kan worden uitgestuurd. Het blijkt dat, bij de gebruikelijke telefoons, een maximaal beschikbaar elektrisch eindvermogen van 1 mW meestal ruim voldoende is. Voor gevallen van zeer ernstig gehoorverlies kan het echter gewenst zijn dit vermogen op te voeren, zelfs tot 10 mW. Dit grotere vermogen is ook dikwijls nodig als men een beengeleidingstelefoon wil gebruiken. Door een dergelijke telefoon, die met een beugel over het hoofd achter het oor wordt geklemd, worden de geluidstrillingen via de schedelbeenderen naar het gehoororgaan geleid. Hiervoor is meer vermogen nodig dan voor de normale weg via de lucht in de gehoorgang van het oor.

Voor sommige patiënten, met name voor hen die aan geleidingsdoofheid lijden, moet de versterking onafhankelijk zijn van de amplitude van het ingangssignaal. Het is duidelijk dat in deze gevallen versterking en benodigd uitgangsvermogen direct gekoppeld zijn: een grote versterking vraagt dan ook een groot beschikbaar eindvermogen.

Er zijn echter ook patiënten voor wie een versterking onafhankelijk van de amplitude van het ingangssignaal uit den boze zou zijn. Hiertoe behoren de patiënten die slechts geluiden kunnen waarnemen waarvan de intensiteit boven een zeker niveau ligt, maar voor wie de intensiteit waarbij pijngevoelens, ook „akoestisch trauma" genoemd, optreden (pijngrens), ongeveer dezelfde is als bij normaal horenden. Deze situatie doet zich voor bij lijders aan zg. regressiedoofheid [3]). Bij hen moet

---

[3]) Een overzicht van de eigenschappen van het oor en van de verschillende vormen van doofheid vindt men in P. Blom, Een elektronisch hoortoestel, Philips techn. T. **15**, 37-48, 1953, waar een hoortoestel met buizen werd beschreven.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

dus worden voorkomen dat bij toenemende amplitude van het signaal bij de microfoon het door het hoortoestel geleverde eindvermogen de met de pijngrens corresponderende waarde zou overschrijden. Versterking en beschikbaar vermogen moeten hier afzonderlijk regelbaar zijn.

Naast de versterking als functie van de amplitude van het aangeboden signaal, is de versterking als functie van de frequentie van veel belang. De kromme die deze afhankelijkheid in beeld brengt, noemt men de „getrouwheidskarakteristiek" van het toestel. Gewoonlijk is een vlakke getrouwheidskarakteristiek niet gewenst. Veeleer moet men streven naar een aangenaam klankbeeld, waarbij het afhangt van de aard van het gehoordefect en van de instelling van de patiënt wat men onder „aangenaam" dient te verstaan. Dit sluit de gevallen niet uit waarbij de patiënt zijn „klankbibliotheek" weer moet opbouwen, wat gebeurt door het aanbieden van een in het begin misschien als hinderlijk ondervonden klankspectrum, dat op den duur evenwel als juist aanvaard kan worden. Om aan de uiteenlopende verlangens te kunnen voldoen, dient men de getrouwheidskarakteristiek van het apparaat te kunnen regelen.

Het hoortoestel KL 5500

De bovengenoemde versterkingen en eindvermogens zijn met buizentoestellen slechts economisch te verwezenlijken bij gebruik van batterijen van betrekkelijk groot volume, en leiden hierdoor tot afmetingen die tegenwoordig voor een hoortoestel onaanvaardbaar worden geacht. Heeft het toestel, dank zij het gebruik van zeer kleine batterijen, wel acceptabele afmetingen, dan komt men tot exorbitante batterijkosten (kleine batterijen zijn in het gebruik namelijk veel onvoordeliger dan grote). De eigenschappen van de transistor echter maken de oplossing van het probleem mogelijk. Het Philips hoortoestel KL 5500 bevat vier transistors (drie van het type OC 70 en één, nl. de eindtransistor, van het type OC 71), alle in de schakeling met gemeenschappelijke emissor.

De batterijhouder is geschikt voor een kool-zinkstaafbatterijtje, bestaande uit een enkele cel, welke een spanning levert van 1,5 V. Men krijgt hiermee een elektrisch eindvermogen van ruim 1 mW beschikbaar. Is het gehoorverlies niet extreem, dan kan men hiermee volstaan.

Daar de gebruikte cel vrij groot is (*fig. 2*), zijn dan de batterijkosten zeer laag: zij bedragen ca. 1/10 van de kosten bij een buizentoestel voor hetzelfde toepassingsgebied. Een groter uitgangsvermogen en meer versterking krijgt men beschikbaar als men de batterijspanning verhoogt. Om dit te doen, kan men twee of drie kwikcellen (spanning per cel 1,3 V) gebruiken (fig. 2). Men krijgt dan een vermogen van 4, resp. 10 mW beschikbaar. De batterijkosten gaan dan echter sterk omhoog. In de eerste plaats neemt het stroomverbruik evenredig met de spanning toe; vervanging van de kool-zinkcel door drie kwikcellen heeft dus tot gevolg dat het stroomverbruik globaal een factor drie toeneemt. Hoewel het aantal milliampère-uren van een kwikcel ca. 1,5 maal zo groot is als dat van de kool-zinkcel, verbruikt men dus toch ca. zes kwikcellen tegen één kool-zinkcel. In de tweede plaats ligt de prijs van een kwikcel aanzienlijk boven die van een kool-zinkcel (de prijsverhouding loopt voor verschillende landen nogal uiteen). Ter besparing op de batterijkosten in gevallen waarin men een voedingsspanning van ca. 4 V nodig heeft, kan desgewenst met een steker een uitwendige batterij — waarvoor men een goedkope 4,5-volts platte zaklantaarnbatterij kan nemen — worden aangesloten.

Fig. 2. De batterijhouder van het hoortoestel KL 5500 met de drie mogelijke vullingen: één kool-zinkcel (1,5 V), twee kwikcellen met opvulstukje (2,6 V), of drie kwikcellen (3,9 V).

Om tot een eenvoudige schakeling te komen, met een vlakke, reproduceerbare karakteristiek (waarop men gemakkelijk eventueel nodige correcties kan aanbrengen), zijn de opeenvolgende versterktrappen met *RC*-ketens gekoppeld (*fig. 3a*). Het gebruik van transformatoren is vermeden, wat leidt tot een besparing aan ruimte, gewicht en kosten. De elektromagnetische microfoon is rechtstreeks op de eerste versterktrap aangesloten, en de (eveneens elektromagnetische) telefoon is ook zonder tussenkomst van een transformator met de uitgangstransistor verbonden. Sterkteregeling gebeurt met de potentiometer R_3 achter de tweede versterktrap. Om overschrijding van de pijngrens

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

te voorkomen, kan men, met de instelbare weerstand R_1 in de collectorketen van de eindtrap, het maximale vermogen dat deze trap kan leveren, begrenzen (zie later). Een gecombineerde schakelaar, die de schakelaars S_1, S_2 en S_3 uit fig. 3 bevat, dient voor in- en uitschakeling van de batterij en maakt tevens een verzwakking van de lage of van de hoge tonen mogelijk. Men kan van de microfoon overschakelen op de zg. luisterspoel. Hiermee kan men een magnetische koppeling met een normaal telefoontoestel tot stand brengen door het hoortoestel dicht bij het telefoongedeelte van de microtelefoon te houden. Ook kan men deze luisterspoel gebruiken in combinatie met een voor slechthorenden aangebrachte ringleiding in schouwburgen of andere gebouwen [4]).

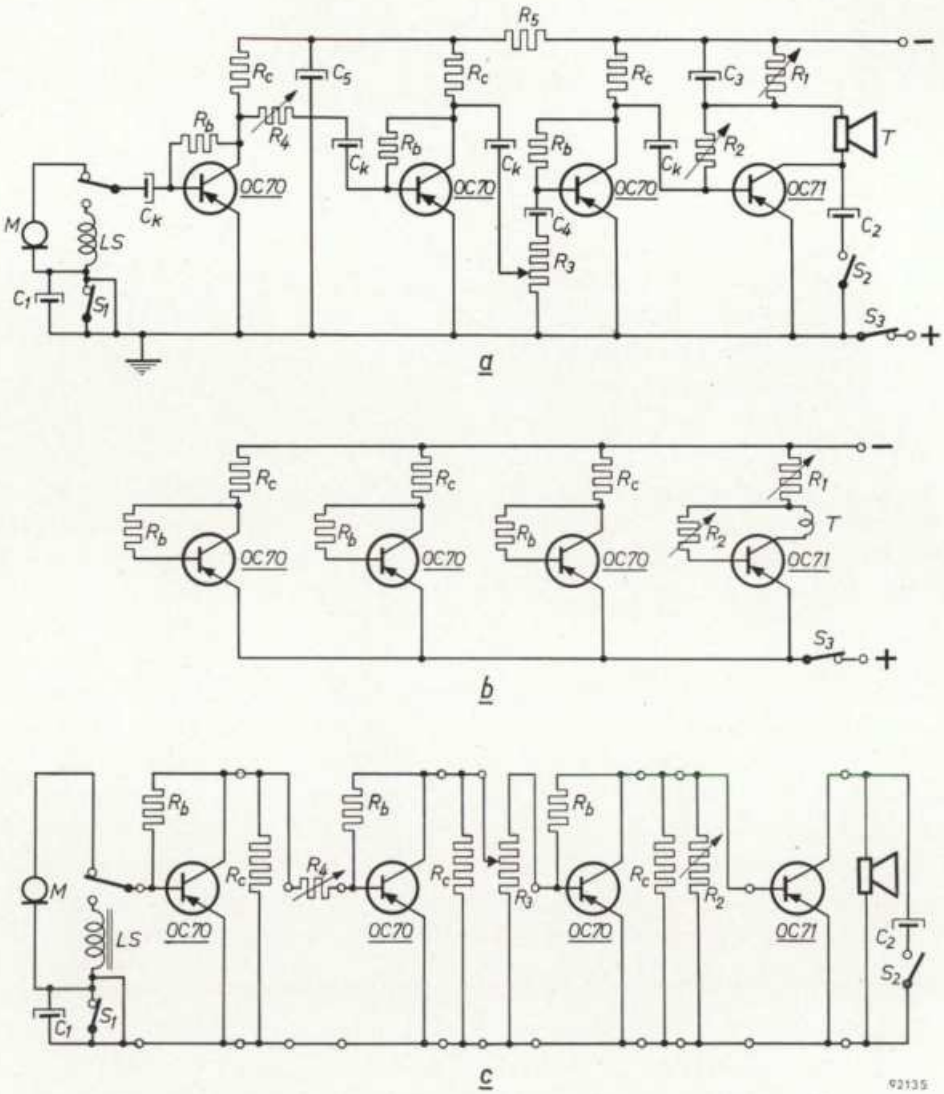


Fig. 3. *a*) Volledig schakelschema van het hoortoestel KL 5500. *b*) Schema voor gelijkstroom. *c*) Schema voor wisselstroom, getekend als een cascadeschakeling van vierpolen, die aan begin en einde is afgesloten met een tweepool.

M microfoon; *LS* luisterspoel; S_1, S_2 en S_3 schakelaars, resp. voor het verzwakken van de lage en de hoge tonen en voor in- en uitschakelen van het toestel. S_1, S_2 en S_3 zijn tot een gecombineerde schakelaar met vier standen verenigd. In de eerste stand is alleen S_3 open (toestel uitgeschakeld), in de tweede stand zijn alle contacten gesloten (hoge tonen verzwakt), in de derde stand is S_2 geopend (alle tonen normaal versterkt), in de vierde stand is bovendien S_1 geopend (lage tonen verzwakt.)

Details van de versterker

De werking van de schakeling kan het best worden verduidelijkt door de schema's voor gelijkstroom en voor wisselstroom afzonderlijk te beschouwen.

---

[4]) Zie het in noot [3]) aangehaalde artikel, blz. 42.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Fig. 3*b* is het schema voor gelijkstroom; het wordt uit fig. 3*a* verkregen door alle takken weg te laten waarin condensatoren voorkomen. Voor wisselstroom geldt globaal het schema van fig. 3*c*. Hierin zijn alle condensatoren die bedoeld zijn als kortsluitingen voor wisselstroom, opgevat als ideale kortsluitingen, terwijl de inwendige weerstand van

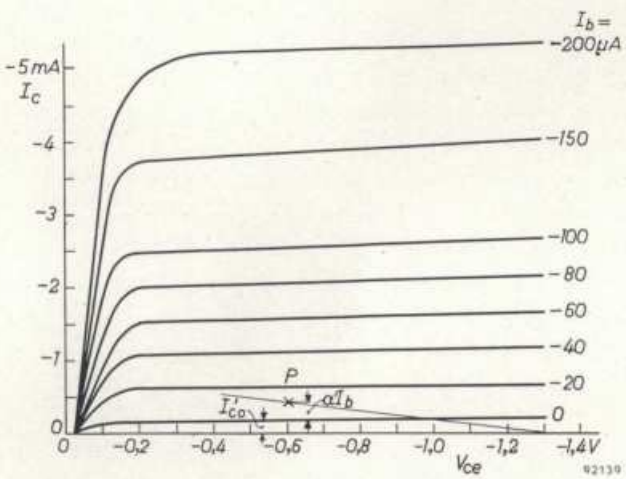


Fig. 4. Collectorstroom I_c als functie van de spanning V_{ce} tussen collector en emissor, met de basisstroom I_b als parameter, voor de transistor OC 70. Deze wordt gebruikt in de voorversterktrappen van het hoortoestel. De gelijkstroominstelling is gekozen in het punt P.

de voedingsbatterij is verwaarloosd. In overeenstemming hiermee is ook de weerstand R_5 in fig. 3*b* en *c* weggelaten. De functie van R_5 is namelijk om, in combinatie met C_5, op de in versterkers gebruikelijke wijze, te voorkomen dat wisselspanningen die ontstaan over de inwendige weerstand van de batterij, zouden terugwerken op de voorafgaande versterktrappen (voorkomen van genereren).

De transistors in de drie voorversterktrappen zijn op dezelfde wijze geschakeld. Dit geldt voor gelijkstroom zowel als voor wisselstroom. De weerstanden R_b en R_c, die bij elk van deze trappen voorkomen, dienen voor de gelijkstroominstelling. Met R_b = 2,2 kΩ en R_c = 39 kΩ krijgt men, bij een batterijspanning van 1,3 V, het in *fig. 4* getekende instelpunt P. Dit punt ligt zeer laag in de karakteristiekenschaar (kleine I_c); het is daar gekozen om door een minimaal stroomverbruik de batterij te sparen (de collectorstroom is ca. 0,4 mA, de basisstroom ca. 10 μA).

Doordat de weerstand R_b niet rechtstreeks met de batterij is verbonden, maar via de weerstand R_c, ontstaat een tegenkoppeling die zowel voor wisselstroom als voor gelijkstroom werkzaam is. Het belangrijkste is de tegenkoppeling voor gelijkstroom; zij maakt namelijk de collectorgelijkstroom I_c minder gevoelig voor temperatuurveranderingen en dit verhindert weer dat de versterking reeds bij een temperatuurverandering van enige graden Celsius aanzienlijk verloopt. Dit zullen wij in hetgeen volgt nader toelichten.

Stabilisatie van de versterking tegen temperatuurveranderingen

Uit fig. 4 blijkt dat de karakteristieken voor constante basisstroom I_b vrijwel horizontaal lopen. Men kan derhalve met goede benadering stellen [5]):

$$I_c = I'_{co} + \alpha' I_b. \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad (1)$$

De twee termen waaruit I_c bestaat, zijn in fig. 4 aangegeven. α' is een constante voor zover de lijnen voor constante I_b equidistant zijn; het is de zg. stroomversterkingsfactor. Wat uit fig. 4 niet blijkt, is dat I'_{co} sterk afhangt van de temperatuur: I'_{co} wordt voor iedere temperatuurstijging van 10 °C ongeveer verdrievoudigd [6]). De stroomversterkingsfactor daarentegen is slechts weinig gevoelig voor temperatuurveranderingen. Als I_b constant is, zullen veranderingen in I'_{co} zich dus volledig als veranderingen in I_c manifesteren (zie (1)). Daar, blijkens fig. 4, in de voorversterktrappen I'_{co} en $\alpha' I_b$ van dezelfde orde van grootte zijn, zullen de aanzienlijke relatieve veranderingen die optreden in I'_{co} bij temperatuurvariaties van enige graden, ook op I_c grote invloed hebben. Indien R_b rechtstreeks (en dus niet via R_c) met de batterij was verbonden, zou I_b inderdaad constant zijn. Dan was nl. *fig. 5a* de schakeling voor gelijkstroom van een voorver-

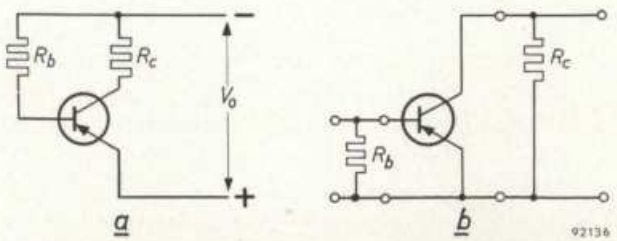


Fig. 5. *a*) Het gelijkstroomschema van een voorversterktrap voor het geval dat de weerstanden R_b uit fig. 3*a* rechtstreeks met de batterij worden verbonden; (*b*) wisselstroomschema.

---

[5]) Het feit dat de karakteristieken toch een zekere, zij het (bij de gekozen schaalwaarden) geringe, helling vertonen, doet zich pas gevoelen als R_c een veel grotere waarde heeft dan de hier geldende van 2,2 kΩ. Dan gaat namelijk een kleine verandering van I_c gepaard met een zo grote verandering van V_{ce} dat toepassing van formule (1) niet meer is toegestaan.

[6]) Zie een binnenkort in dit tijdschrift te publiceren artikel over de invloed van de temperatuur op transistors. *Red.*

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

sterktrap, en hieruit volgt: $I_b = V_0/R_b$ (de spanning van ca. 0,1 V tussen basis en emissor is namelijk verwaarloosbaar ten opzichte van de batterijspanning V_0). In de schakeling met tegenkoppeling (fig. 3*b*) hangt echter I_b nog af van I_c. Gaat bij stijgende temperatuur I_c toenemen doordat I'_{co} toeneemt, dan neemt de spanning over R_b af als gevolg van het toenemende spanningsverlies over R_c. De stroom I_b, en dus $\alpha' I_b$, neemt derhalve eveneens af, waardoor I_c minder verandert dan I'_{co} (zie (1)). Er is dus een zekere stabilisatie van I_c bereikt.

Bij een schakeling voor gelijkstroom volgens fig. 5*a* is fig. 5*b* de schakeling voor wisselstroom. Men ziet dat de transistors dan op zichzelf als vierpolen optreden en dat zij met weerstanden zijn gekoppeld. Onder deze omstandigheden is het gedrag van de transistorvierpolen zeer overzichtelijk. Voor de ingangsweerstand en de stroomversterking mag men dan namelijk de waarden nemen die gelden bij kortgesloten uitgang. Deze ingangsweerstand neemt sterk af bij toenemende I_c [7]). Neemt I_c toe doordat de temperatuur stijgt, dan wordt dus een groter gedeelte van de uitgangsstroom van een voorversterktrap in de basis van de volgende transistor geïnjecteerd en de uitgangsstroom van deze transistor neemt toe in dezelfde verhouding. De totale versterking van het toestel (vier trappen) zou hierdoor met 7 tot 8 dB per 10 °C verlopen. Door de in werkelijkheid aangebrachte tegenkoppeling worden de variaties in I_c met de temperatuur verkleind met een factor die voor ons geval 2,5 bedraagt. Wil men nagaan in hoeverre men hiervan een vermindering kan verwachten van de invloed van de temperatuur op de versterking, dan dient men in aanmerking te nemen dat de schakeling niet alleen voor gelijkstroom iets ingewikkelder is dan volgens fig. 5, maar ook voor wisselstroom: uit fig. 3*c* blijkt dat de transistors niet meer op zichzelf, maar in combinatie met de weerstanden R_b als vierpolen optreden. Hierdoor wordt de situatie vrij gecompliceerd. Wij volstaan met de vermelding dat de versterking nu nog slechts met 2 tot 3 dB toeneemt per 10 °C temperatuurverhoging.

Door de tegenkoppeling voor wisselstroom neemt de versterking per trap af. Daar staat tegenover dat deze tegenkoppeling de versterking minder afhankelijk maakt van de eigenschappen der individuele transistors. Daar verschillende exemplaren van hetzelfde type transistor een aanzienlijke spreiding in eigenschappen vertonen, is een dergelijke stabilisatie zeer welkom: zij maakt het mogelijk de transistors in de voorversterktrappen zonder meer te vervangen.

De koppelweerstanden R_c vormen parasitaire belastingen voor de transistors, wat eveneens ongunstig is voor de geleverde versterking. Het offer dat we in de voorversterker moeten brengen aan versterking, voor de voordelen van de eenvoudige schakeling zonder transformatoren en van de stabilisatie tegen temperatuurveranderingen, is aanzienlijk. De theoretische maximale vermogensversterking die een transistor OC 70 kan leveren — dat is dus de vermogensversterking bij ideale aanpassing aan de ingang en aan de uitgang —, bedraagt, voor het gegeven instelpunt, ca. 36 dB. De eerste twee voorversterktrappen leveren echter slechts 19 dB en de derde 20 dB.

De uitgangstrap

De kleine elektromagnetische telefoon is rechtstreeks opgenomen in de collectorketen van de eindtransistor OC 71. De weerstand R_1 (fig. 3*a* en *b*), die dient om het uitgangsvermogen te begrenzen (zie later), is gewoonlijk op nul ingesteld. Bovendien is deze weerstand overbrugd door de condensator C_3, zodat voor wisselstroom geen tegenkoppeling bestaat en de eindtransistor op zichzelf als vierpool in de schakeling optreedt (fig. 3*c*). De uitgangskarakteristieken van deze transistor (met de ingangsstroom I_b als parameter) zijn getekend in *fig. 6*.

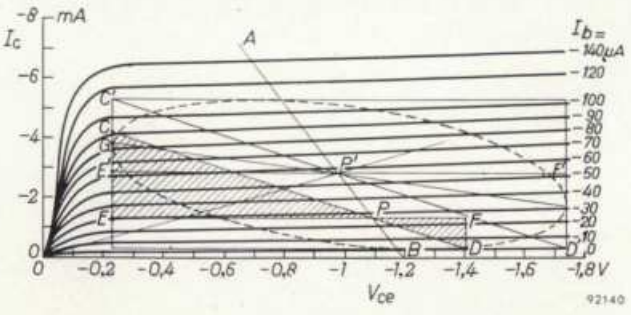


Fig. 6. Uitgangskarakteristieken van de eindtransistor OC 71. *B* duidt de batterijspanning aan (hiervoor is 1,2 V aangenomen). De helling van *AB* komt overeen met de gelijkstroomweerstand van de telefoon (75 Ω). Bij een sinusvormige spanning over de belastingsimpedantie (de telefoon) wordt een ellips om het instelpunt beschreven waarvan de omgeschreven rechthoek een diagonaal heeft met een helling die correspondeert met de waarde in ohms van deze impedantie. Men behoeft ter bepaling van het gunstigste instelpunt en van de gunstigste belastingsimpedantie, alleen deze diagonaal te beschouwen.

[7]) Zie b.v. J. P. Beijersbergen, M. Beun en J. te Winkel, De lagentransistor als netwerkelement bij lage frequenties, II. Vervangschema's en afhankelijkheid der *h*-parameters van het instelpunt, Philips techn. T. **19**, 26-33, 1957 (no. 1), speciaal blz. 32. De ingangsweerstand bij kortgesloten uitgang is daar h_{11}^c genoemd. De cascadeschakeling van transistors in de schakeling van fig. 5*b* is besproken in het in noot [1]) aangehaalde artikel op blz. 338 en 339.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

Gunstigste instelling

De telefoon heeft een gelijkstroomweerstand van 75 Ω. Is $R_1 = 0$, dan ligt het instelpunt dus op de lijn AB die onder een helling corresponderend met 75 Ω getrokken is door het punt B, dat de batterijspanning aangeeft. Door de basisgelijkstroom te regelen met R_2 (fig. 3*a* en *b*), kan men het instelpunt langs AB verschuiven. Om de batterij te sparen, zal men zo zuinig mogelijk willen instellen, d.w.z. men zal het instelpunt zo laag kiezen als verenigbaar is met het vermogen dat men aan de telefoon beschikbaar wil hebben. Dit vermogen is, zoals reeds werd vermeld, voor normale gevallen 1 mW. We willen dit beschikbaar hebben bij gebruik van een batterij bestaande uit één cel, dus bij een batterijspanning van ca. 1,2 V (zover daalt de spanning als de batterij uitgeput raakt). Het karakteristiekenveld is begrensd aan de linkerzijde (doordat hier de karakteristieken scherp naar beneden buigen) en aan de onderzijde (doordat de collectorstroom niet van teken kan omkeren). Denken we ter vereenvoudiging de telefoonimpedantie vervangen door een zuivere weerstand en nemen we even aan dat P het instelpunt is, dan kunnen we door P een belastingslijn CD trekken. De oppervlakte van driehoek PDF, nl. van de kleinste van de twee driehoeken PDF en PCE, is dan een maat voor het beschikbare nuttige vermogen, d.w.z. het vermogen dat de transistor kan afgeven zonder dat ernstige vervorming optreedt. Laat men het instelpunt langs AB omhoogschuiven door de basisgelijkstroom op te voeren, dan naderen de oppervlakten van de twee driehoeken tot elkaar; zij worden gelijk als CD is overgegaan in $C'D'$. Kiest men de helling van CD, dus de waarde van de belasting, zodanig dat in de situatie overeenkomende met $C'D'$ het beschikbare nuttige vermogen juist 1 mW bedraagt, dan heeft men, bij de gegeven batterijspanning, de zuinigste instelling. In ons geval blijkt de belasting ca. 300 Ω te moeten bedragen. In fig. 6 is de helling van CD in overeenstemming met deze waarde gekozen. De situatie is in werkelijkheid gecompliceerder doordat de telefoon een sterk inductieve belasting vormt. Bij een sinusvormig uitgangssignaal van één frequentie wordt in de uitgangsgrafiek derhalve geen rechte lijn, doch een ellips om het instelpunt beschreven. Deze ellips heeft een omgeschreven rechthoek welks diagonaal van linksboven naar rechtsonder een helling heeft die correspondeert met de impedantie van de belasting. Strekt deze diagonaal zich niet uit tot gebieden waar men vervorming moet verwachten, dan geldt hetzelfde voor de gehele ellips. De boven gevonden waarde van 300 Ω is derhalve de waarde welke de impedantie van de telefoon (en dus niet het zuivere weerstandsgedeelte van deze impedantie) moet hebben opdat men zo zuinig mogelijk kan instellen. Van het beschikbare vermogen wordt nu slechts het gedeelte dat wordt gegeven door de oppervlakte van driehoek $P'E'G$ als watt-vermogen in de telefoon gedissipeerd.

Daar de impedantie van de telefoon afhangt van de frequentie, kan slechts voor één frequentie de impedantie de juiste waarde van 300 Ω hebben. Er worden telefoons gebruikt die deze impedantie bezitten bij een frequentie van 1000 Hz.

Een tweede complicatie is dat men uit fig. 6 eigenlijk geen definitieve conclusies kan trekken omtrent de te verwachten vervorming. Uit deze figuur volgt b.v. niet dat ernstige vervorming optreedt als de transistor tot zeer kleine waarden van I_c wordt uitgestuurd. De bedoelde vervorming is het gevolg van het reeds genoemde feit dat bij kleine waarden van I_c de ingangsweerstand van de transistor sterk toeneemt. De hierboven gevolgde handelwijze om uit fig. 6 het gunstigste instelpunt en de gunstigste belastingsimpedantie te bepalen, leidt echter tot praktisch bruikbare resultaten.

Aangezien de stroomversterkingsfactor van de OC 71 van exemplaar tot exemplaar kan variëren tussen 30 en 75, hangt de basisstroom waarbij het gunstigste instelpunt wordt verkregen, af van het gebruikte transistorexemplaar. Deze basisstroom moet men dus bij de montage kunnen instellen; vandaar dat de basisweerstand R_2 instelbaar is. Ook om de eindtransistor te kunnen vervangen, is deze instelbaarheid nodig.

Begrenzing

Bij de besproken zuinigste instelling heeft men automatisch het voordeel dat bij aangroeiend ingangssignaal het vermogen nog slechts zeer weinig toeneemt vanaf het ogenblik dat ernstige vervorming gaat optreden. Dit komt doordat de begrenzing van het uitgangssignaal en de daarmee gepaard gaande ernstige vervorming, aan beide zijden van het instelpunt tegelijk inzetten (symmetrische begrenzing). Men heeft aldus een plafond geïntroduceerd voor het uitgangsvermogen, waardoor een effectieve beveiliging tegen „akoestisch trauma" is verkregen.

Het niveau waarop de begrenzing inzet, kan men regelen met de weerstand R_1 (fig. 3*b*). Naarmate men deze weerstand groter maakt, daalt de collectorspanning. Deze spanning staat tevens over de basisweerstand R_2 (het geringe potentiaalverschil tussen basis en emissor is verwaarloosbaar) en dus zakt de basisstroom in evenredigheid. De collectorstroom I_c gaat op zijn beurt weer evenredig met de basis-

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

stroom naar beneden, tenminste zolang $I_c \gg I'_{co}$ (zie (1)). Het instelpunt verplaatst zich dus langs de lijn OP' (fig. 6) naar de oorsprong toe; de symmetrische afsnijding blijft daarbij voortdurend gehandhaafd.

De grote spreiding die optreedt in de stroomversterkingsfactor van de eindtransistor, zouden we, daar de versterking van de eindtrap niet door tegenkoppeling is gestabiliseerd, volledig in de totale versterking terugvinden. Om dit te voorkomen, is tussen de eerste en de tweede versterktrap de instelbare weerstand R_4 aangebracht (fig. 3*a* en *c*), waarmee bij de montage, resp. de vervanging van de eindtransistor, de totale versterking wordt bijgeregeld. De spreiding in de voorversterktrappen, die resteert ondanks de tegenkoppeling, wordt hiermee eveneens opgevangen.

Ook wat de gelijkstroom betreft, is, als R_1 op nul is ingesteld, de eindtransistor niet tegengekoppeld, en er is dan dus geen stabilisatie van het instelpunt tegen temperatuurvariaties. Dit is ook niet nodig, daar de collectorgelijkstroom I_c van de eindtransistor op een veel grotere waarde is ingesteld dan die van de transistors in de voorversterktrappen. De relatieve invloed van I'_{co} op I_c is dus veel geringer (zie (1)).

Wanneer men de batterijspanning verdubbelt of verdrievoudigt, door een batterij bestaande uit twee resp. drie cellen te nemen, schuift het werkpunt langs OP' van de oorsprong af. De maximale amplitudes van stroom en spanning worden eveneens verdubbeld of verdrievoudigd en het beschikbare nuttige vermogen gaat dus een factor 4 resp. 9 omhoog. Zo heeft men dus bij een uit drie cellen bestaande batterij het vermogen van ca. 10 mW beschikbaar dat nodig is voor sommige zware gevallen en bij toepassing van beengeleiding. Bij verhoging van de batterijspanning neemt niet alleen de instelstroom van de eindtransistor toe, maar ook die van de transistors in de voorversterktrappen. Daar vergroting van de instelstromen gepaard gaat met afneming van de ingangsweerstanden, wordt het verlies in de weerstanden R_c (fig. 3*c*) minder. De door het toestel geleverde versterking neemt hierdoor toe van 55 dB bij gebruik van één batterijcel tot 63 dB of 67 dB bij gebruik van twee resp. drie cellen.

Bij alle drie de batterijspanningen verschaft de weerstand R_1 aan de behandelende oorarts de gelegenheid het uitgangsplafond continu met een bedrag van 0 tot 20 dB te verlagen. In fig. 3*b* is te zien dat met de vermogensbegrenzing een vermindering van de batterijstroom gepaard gaat, zoals men ook zou wensen.

Microfoon, telefoon en getrouwheidskarakteristieken

De ingangsweerstand van de eerste voorversterktrap ligt tussen 1000 Ω en 1800 Ω en is dus betrekkelijk gering. Dit maakt dat men op deze trap zeer goed een elektromagnetische microfoon rechtstreeks kan aansluiten. Kristalmicrofoons zoals die bij buizentoestellen gewoonlijk worden gebruikt, vereisen belastingsimpedanties in de orde van 0,1-0,5 MΩ en zouden dus een aanpassingstransformator noodzakelijk maken, maar zelfs dan zouden zij minder vermogen leveren en meer ruis. De gebruikte elektromagnetische microfoon heeft een inwendige weerstand van 1000 Ω en is speciaal geschikt voor gebruik in hoortoestellen met transistors. Deze microfoon heeft een gladde karakteristiek, waardoor een gewenste getrouwheidskromme gemakkelijk benaderd kan worden. De werking is als volgt [8]). De trilling van een aluminiummembraan wordt overgebracht op een anker bestaande uit een materiaal van grote permeabiliteit. Dit anker vormt de „galvanometer"-tak van een magnetische „brug van Wheatstone". De andere takken worden gevormd door luchtspleten in het magnetische systeem, en de nodige magnetische flux wordt geleverd door een kleine permanente magneet. De door het anker lopende magnetische flux is in richting en grootte afhankelijk van de afwijking uit de evenwichtsstand. Een om het anker aangebracht spoeltje zet de fluxvariaties om in een wisselspanning. De gevoeligheid is groot: deze bedraagt namelijk bij 1 kHz ca. 0,3 mV/μbar indien de microfoon is afgesloten met 1000 Ω. Door middel van geschikt gedimensioneerde resonantieholten is de frequentiekarakteristiek tamelijk vlak gemaakt in het voor spraak belangrijke gebied van 400 tot 3000 Hz (*fig.* 7). Deze maatregelen brengen met zich mee dat buiten dit gebied een versterkte daling optreedt. Wat de lage frequenties betreft, heeft dit het gunstige effect dat hinderlijke intermodulatieverschijnselen, die kunnen optreden bij aanwezigheid van „dreun", b.v. in voertuigen, zeer efficiënt worden onderdrukt.

Om het huis van de microfoon zijn twee ringen van een metaal met grote beginpermeabiliteit aangebracht. Deze ringen vormen een afscherming tegen magnetische stoorvelden (verzwakking met ca. 16 dB), hetgeen tot een rustige achtergrond bijdraagt.

Wat de telefoon betreft, heeft de patiënt de keuze uit drie mogelijkheden. De telefoon Ph 1 heeft een

[8]) Voor een gedetailleerde beschrijving zie: B. B. Bauer, A miniature microphone for transistorized amplifiers, J. Acoust. Soc. Amer. **25**, 867-869, 1953.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

vrijwel vlakke frequentiekarakteristiek (*fig. 8*). Bij de constructie van deze telefoon zijn de onvermijdelijke resonanties zoveel mogelijk verzwakt door het introduceren van dempingen. Fig. 8 bevat ook de karakteristieken van de twee andere telefoons, de Ph 0 en Ph 2. Hierbij zijn de resonanties minder gedempt; het accent valt hier op de hoge frequenties.

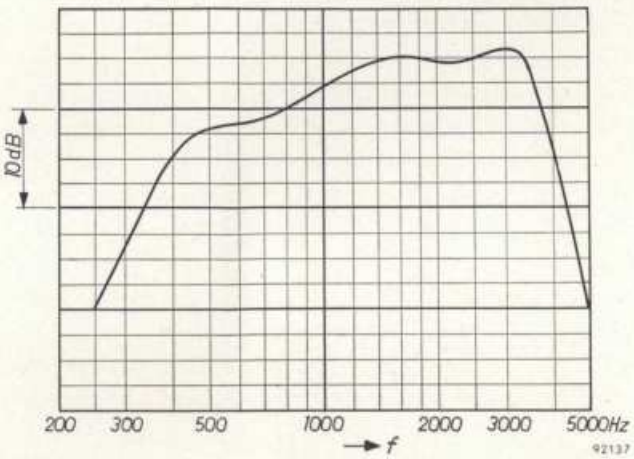


Fig. 7. Getrouwheidskarakteristiek van de microfoon. Uitgezet is de spanning over een weerstand van 1000 ohm, waarmee de microfoon was afgesloten, terwijl deze laatste zich in een geluidsveld van constante druk bevond.

Nemen we de som van de frequentiekarakteristieken van microfoon, versterker en telefoon, dan verkrijgen we de totale karakteristiek (getrouwheidskarakteristiek), zoals in *fig. 9* bij gebruik van de telefoon Ph 1 is te zien. De inschakeling van C_1 of C_2 levert nog een afsnijden van respectievelijk het lage of het hoge frequentiegebied op, waardoor de drie afgebeelde krommen verkregen worden. Deze kunnen bovendien door de telefoonkeuze veranderd worden, zodat vele combinaties mogelijk zijn.

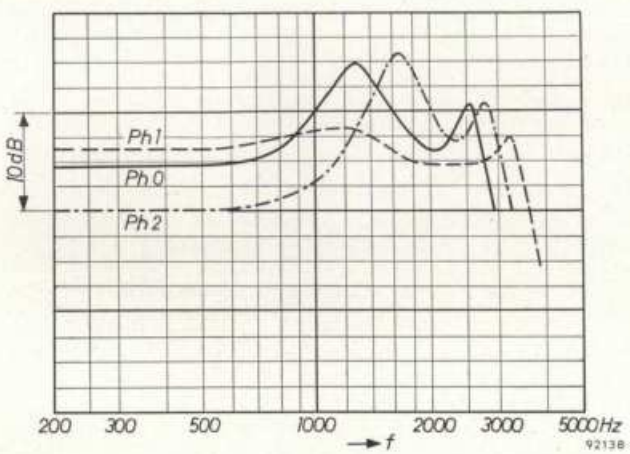


Fig. 8. Getrouwheidskarakteristieken van de drie telefoons (Ph 0, Ph 1, Ph 2) waaruit de patiënt kan kiezen. Als functie van de frequentie f van de constant gehouden stroom door de telefoon is de geluidsdruk uitgezet welke werd gemeten in een kunstoor van 2 cm³ inhoud waarop de telefoon was aangesloten.

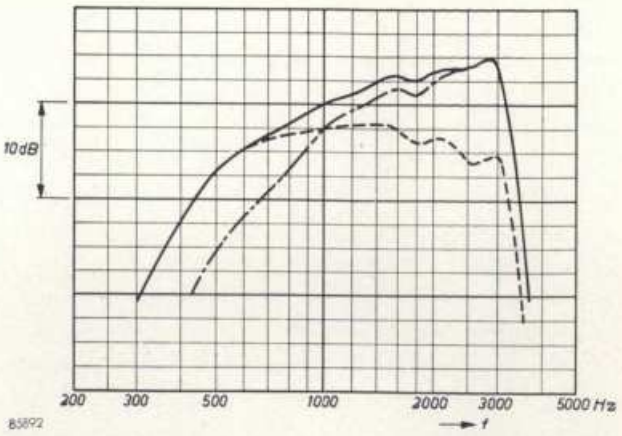


Fig. 9. Getrouwheidskarakteristieken van het complete hoortoestel KL 5500 met telefoon Ph 1, voor de drie standen van de regelschakelaar. Uitgezet is de geluidsdruk gemeten in een kunstoor van 2 cm³ inhoud waarop de telefoon was aangesloten, terwijl de microfoon zich bevond in een geluidsveld van constante druk.

Getrokken kromme: S_1 gesloten, S_2 open (zie fig. 2*c*); gestippelde kromme: S_1 en S_2 beide gesloten; streep-stip-kromme: S_1 open, S_2 gesloten.

Kledinggeruis

Door de zeer lage batterijkosten is het voor vrijwel iedereen mogelijk geworden het hoortoestel KL 5500 zonodig continu te gebruiken. De slechthorende moet dan met zo min mogelijk inspanning kunnen horen; dit klemt nl. des te meer naarmate langer geluisterd wordt. Verschillende factoren spelen hierin een rol: belangrijk is, zoals wij in het begin al hebben opgemerkt, een zo aangenaam mogelijk klankbeeld (waarbij de patiënt, dikwijls in overleg met de arts, met de hem ten dienste staande middelen, het geluidsbeeld heeft beïnvloed) tegen een rustige achtergrond. Van de storende bijgeluiden, die aan een rustige achtergrond afbreuk doen, is kledinggeruis wel het hinderlijkste. Dit geruis wordt te voorschijn geroepen door schuren van kleren over het huis van het apparaat, of schuren van kledingstoffen over elkaar in de nabijheid van het toestel. De eerstgenoemde bron kan bij moderne apparaten vrijwel verwaarloosd worden wegens de gladde afwerking van de buitenzijde van de doos en de geringe beweging die de stof ten opzichte van de doos uitvoert. De laatstgenoemde beweging echter is vele malen groter in amplitude en heeft vrijwel geregeld plaats. Het verschijnsel heeft het karakter van „witte ruis", d.w.z. dat alle frequenties in de band die het hoortoestel doorlaat, ongeveer even sterk vertegenwoordigd zijn. Bepaalde typen van

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

slechthorenden kunnen hier zeer veel hinder van ondervinden en het is dus van veel belang de storing door kledinggeruis zoveel mogelijk te onderdrukken.

De door kledinggeruis opgewekte trillingen kunnen langs drie wegen de microfoon van het hoortoestel bereiken.

a) Het schuren brengt het doosje en het chassis van het hoortoestel in trilling; deze trilling wordt naar de microfoon overgebracht via het bevestigingssysteem hiervan. Deze overdracht wordt vrijwel geheel bepaald door de eigen frequentie van het systeem bestaande uit de microfoon (massa) en zijn elastische bevestiging (stijfheid). De eigen frequentie kan men gemakkelijk beneden 100 Hz leggen; dan treedt in het spraakgebied geen noemenswaardige amplitude op.

b) De trillingen van de dooswand kunnen worden overgebracht op luchtholten in het toestel. Vaak vertonen deze holten resonanties, waardoor bepaalde frequentiegebieden extra sterk doorgegeven worden. De mogelijkheid bestaat dat de trillingen via de bedoelde holten de microfoon bereiken.

c) De trillingen van de stof bereiken de microfoon via de lucht langs de normale weg, dus door de microfoonopening.

Ten einde te komen tot goed vergelijkbare metingen van de gevoeligheid van verschillende hoortoestellen voor kledinggeruis, is bij Philips een meetopstelling voor dit doel ontwikkeld. Het effect van maatregelen ter onderdrukking van de storing door kledinggeruis kan hiermee op objectieve wijze worden beoordeeld.

In de meetopstelling bevindt zich een katoenen band zonder eind die door een motortje wordt aangedreven. Het te onderzoeken hoortoestel wordt in de meetopstelling geplaatst en tegen de bewegende band gedrukt, waarbij er al of niet eerst een stuk kledingstof over het toestel wordt gespannen. Het aldus opgewekte kledinggeruis is reproduceerbaar, het is in zekere zin „gestandaardiseerd". De telefoon van het hoortoestel wordt aangesloten op een kunstoor en de in de microfoon hiervan opgewekte spanning wordt, via een bandfilter (bandbreedte een terts) toegevoerd aan een voltmeter. Vervolgens wordt het kledinggeruis uitgeschakeld en vervangen door een gestandaardiseerd „akoestisch" geruis, d.w.z. een geruis waarvan de trillingen de microfoon van het hoortoestel slechts langs de normale akoestische weg via de microfoonopening bereiken en dus niet tevens langs de boven onder (a) en (b) voor het kledinggeruis genoemde wegen. Dit akoestische geruis wordt opgewekt door een luidspreker, opgesteld tegenover het hoortoestel en gevoed door een ruisgenerator. De sterkte van het akoestische geruis stelt men zodanig in dat de voltmeter dezelfde uitslag krijgt als tevoren, toen het kledinggeruis werkzaam was. Vervolgens meet men de geluidsdruk van het akoestische ruisveld ter plaatse van het hoortoestel met behulp van een microfoon die, via hetzelfde bovengenoemde tertsfilter, is aangesloten op een voltmeter en die is geijkt in dB boven de drempelwaarde van 10^{-4} dyne/cm². Aldus wordt de geluidsdruk gevonden van het akoestische geruis dat, binnen een frequentieband van een terts, evenveel storing oplevert als het gestandaardiseerde kledinggeruis. Door de meting te herhalen met verschillende tertsfilters, kan men het gehele hoorbare frequentiegebied doormeten. Het voordeel van de methode is dat de meetresultaten slechts afhangen van de mate waarin de trillingen van het kledinggeruis de microfoon van het hoortoestel bereiken en niet van de versterking of van de getrouwheidskarakteristiek van dit toestel.

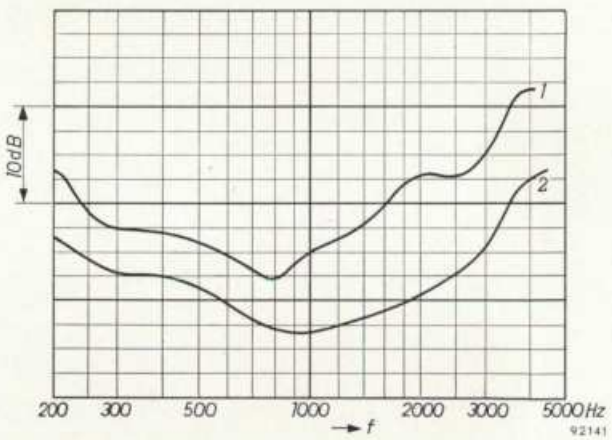


Fig. 10. Storing door kledinggeruis als functie van de frequentie. *1* bij gedeeltelijk bedekte microfoonopening; *2* bij onbedekte opening.

De methode is ook bruikbaar om de invloed te onderzoeken van de wijze waarop het kledinggeruis wordt opgewekt. In *fig. 10* is b.v. de invloed te zien van een gedeeltelijke bedekking van de microfoonopening door trillende kledingstof. Hoe volledi ger de afsluiting van deze opening, des te groter zullen, bij gegeven trillingsamplitude van de stof, de luchtdrukvariaties worden in de kleine holte voor de microfoon. Het blijkt dan ook uit fig. 10 dat bij gedeeltelijk bedekte opening de storing voor alle frequenties groter is dan bij onbedekte opening; in het gebied van ca. 1000 tot ca. 3000 Hz scheelt het zelfs 10 dB. Een eerste vereiste bij het dragen van het toestel is dan ook de microfoonopening geheel vrij te houden.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

De resultaten van metingen van de storing door kledinggeruis hebben geleid tot het treffen van verschillende maatregelen bij de mechanische constructie van het toestel KL 5500 — en ook bij andere toesteltypen — om deze storing te onderdrukken. Daarbij is gebleken dat ogenschijnlijk kleine veranderingen vaak de storing ingrijpend beïnvloeden.

Samenvatting. Het gebruik van transistors in het hoortoestel KL 5500 heeft het mogelijk gemaakt de batterijkosten drastisch te verlagen en tegelijkertijd het beschikbare uitgangsvermogen en de versterking te vergroten. Hierdoor kan een grote kring van slechthorenden met dit toestel worden geholpen.

Na een behandeling van de diverse eisen waaraan een hoortoestel moet voldoen, wordt een beschrijving van de versterker gegeven. Hierin worden vier transistors gebruikt. Door tegenkoppeling worden de gevolgen van temperatuurinvloeden en van spreiding in transistoreigenschappen tegengegaan.

De elektromagnetische microfoon, die is gekenmerkt door een grote gevoeligheid, is direct aan de ingangstrap gekoppeld, zonder ingangstransformator. Ook voor de telefoon is een transformator overbodig, daar men bij transistors het maximale vermogen beschikbaar krijgt bij belasting met een impedantie van enige honderden ohms, een impedantie dus die normaal is voor elektromagnetische telefoons. Een instelbare begrenzing van het maximale uitgangsvermogen voorkomt overschrijding van de pijngrens. Enige details van het onderzoek omtrent storing door kledinggeruis besluiten het artikel.

OVERZICHT VAN RECENTE WETENSCHAPPELIJKE PUBLIKATIES DER N.V. PHILIPS' GLOEILAMPENFABRIEKEN

Van deze publikaties, voor zover niet met een sterretje * gemerkt, verstrekt de Administratie van Philips' Natuurkundig Laboratorium, Eindhoven, op aanvraag overdrukken.

2396: J. L. Meijering en H. K. Hardy: Closed miscibility gaps in ternary and quaternary regular alloy solutions (Acta metallurgica **4**, 249-256, 1956, no. 3).

Met behulp van de regulaire benadering voor de vrije mengingsenergie kan men, uit gegevens van de binaire randsystemen, semi-kwantitatieve voorspellingen doen omtrent het voorkomen en de vorm van ontmengingsgebieden in ternaire systemen. Hetzelfde geldt voor quaternaire systemen. In dit artikel wordt voor laatstgenoemde systemen de spinodaalvergelijking afgeleid en worden de coördinaten van de kritische punten van de tweede orde uitgedrukt in de zes binaire wisselwerkingsparameters. Quaternaire kritische punten geven het bestaan aan van gesloten ontmengingsgebieden. De voorwaarden worden afgeleid waaronder de temperatuur van een ternair kritisch punt wordt verhoogd als een vierde component wordt toegevoegd. De uitkomsten worden toegepast om ontmengingsgebieden in vlakkengecenterde kubische en in vloeibare legeringen op te sporen.

2397: J. L. Meijering: On thermodynamical analysis by calorimetry alone (Acta metallurgica **4**, 333-335, 1956, no. 3).

Zoals door Oelsen, Schürmann en Heynert werd aangetoond (Archiv Eisenhüttenwesen **26**, 19-42, 1955), is het mogelijk niet alleen mengingswarmten, maar ook mengingsentropieën volgens een zuiver calorimetrische methode te bepalen, althans als er geen vaste oplossingen optreden. De auteur laat in deze korte mededeling zien hoe men tot belangrijke thermodynamische conclusies kan komen, zelfs als er wel vaste oplossingen voorkomen.

2398: J. A. van Leeuwen en H. J. Oskam: Simple and sensitive leak detector (Rev. sci. Instr. **27**, 328, 1956, no. 5).

Beschrijving van een methode om lekken op te sporen in vacuüminstallaties. De methode is een variant van die welke door F. M. Penning en K. Nienhuis is beschreven in Philips techn. T. **11**, 115-122, 1949. Deze auteurs gebruikten een Philips vacuümmeter welke van de te onderzoeken installatie was gescheiden door een wand van palladium, welke wand door stroomdoorgang op een hoge temperatuur werd gehouden. In verhitte toestand laat palladium waterstof door, maar geen andere gassen. Richtte men op de verdachte plekken in de te onderzoeken installatie een waterstofstraal, dan drong dit gas in de installatie door als men het lek trof. De waterstof kwam via de palladiumwand in de vacuümmeter en daar steeg dientengevolge de druk. Bij de nieuwe methode is de verhitte palladiumwand vervangen door een prop bestaande uit korrels silicagel die op 300 °C zijn ontgast en vervolgens in de apparatuur op de temperatuur van vloeibare lucht worden gehouden. Dit silicagel absorbeert sterk lucht en de meeste andere gassen, maar laat waterstof of edelgassen vrijwel ongehinderd passeren. Voordelen boven de oude methode zijn: de gevoeligheid is ca. 100 maal zo groot; geen vrijmaken van gassen door verhitting zoals die voor het palladium nodig was; een eenvoudiger constructie en geen voorzieningen om een verhittingsstroom te laten vloeien.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

2399: P. Penning: Annealing of germanium supersaturated with nickel (Phys. Rev. **102**, 1414-1415, 1956, no. 5).

Het is bekend dat de oververzadiging van een germaniumkristal met nikkelatomen, welke ontstaat als men een germaniumkristal dat op 800 °C met nikkel is verzadigd, snel afkoelt, geleidelijk wordt opgeheven als het kristal gedurende een voldoend lange tijd wordt ontlaten bij een temperatuur tussen 400 en 500 °C. In deze korte mededeling worden experimenten beschreven waaruit blijkt dat de normale acceptorniveaus, die door het nikkel worden geleverd en die 0,23 eV boven de valentieband liggen, voor een groot deel verdwijnen gedurende de eerste tijd van het ontlaten, maar dat dan voor deze niveaus andere in de plaats komen met een veel kleinere activeringsenergie. Het totale aantal acceptorniveaus neemt in deze periode niet of nauwelijks af en het geleidingsvermogen bij kamertemperatuur blijft dienovereenkomstig vrijwel onveranderd. Eerst na veel langer ontlaten gaan de concentraties van beide niveaus afnemen, waarbij hun verhouding echter constant blijft.

2400: J. D. Fast: Moleculaire interpretatie van relaxatieverschijnselen (Chem. Weekbl. **52**, 445-460, 1956, no. 25).

Het artikel is de uitwerking van de inleidende voordracht die te Leiden in december 1955 werd gehouden op een symposium over het in de titel genoemde onderwerp. De schrijver zet uiteen, dat relaxatieverschijnselen een belangrijke rol spelen in zeer uiteenlopende gebieden van de fysica en de chemie, waar het mechanische, diëlektrische en magnetische gedrag van de materie in het spel is. In een hoofdstuk van fenomenologische aard worden begrippen als verlieshoek, slapheid (compressibiliteit, reciproke elasticiteitsmodulus, elektrische en magnetische susceptibiliteit), logaritmisch decrement, relaxatie en hysteresis besproken. In een hoofdstuk op atomaire basis worden vervolgens concrete relaxatiemechanismen behandeld. De analogie tussen mechanische, diëlektrische en magnetische relaxatie beperkt zich niet tot de formeelmathematische aspecten; zij manifesteert zich in vele gevallen ook in het atomaire mechanisme. In een laatste hoofdstuk worden de bronnen van mechanische relaxatie en hysteresis in metalen besproken. Deze bronnen zijn: bewegingen van atomen, dislocaties en Bloch-wanden, transport van warmte en afschuiving langs de kristalgrenzen.

2401: O. Bosgra en H. Hoogendoorn: Enting en immuniteit bij hondeziekte en „hard pad disease" van fretten (T. Diergeneesk. **81**, 649-658, 1956, no. 14).

Fretten die geënt zijn met 1/50 tot 1/300 hondedosis van op bebroede kippeëieren gekweekt hondeziektevaccin (fabrikaat N.V. Philips-Roxane), blijken volledig immuun te zijn tegen intraperitoneale infectie met een zeer grote dosis virulent hondeziekte- of „hard pad"-virus. Bij enting met geringere doses vaccin is de immuniteit niet meer zeker: van 3 fretten, elk geënt met 1/900 hondedosis, bleek één van de 3 niet immuun te zijn; 2 fretten, elk geënt met 1/2700 hondedosis, bleken daarentegen beide wel immuun; bij enting met 1/8100 hondedosis blijkt het vaccin niet meer werkzaam. Het verdient dus aanbeveling de hoeveelheid vaccin waarmee wordt geënt, niet te gering te kiezen, daar anders individuele verschillen ten aanzien van de immuniteit een rol gaan spelen.

Na bewaring van het vaccin in de koelkast gedurende 9 maanden blijkt 1/200 hondedosis voldoende om fretten te immuniseren; 1/600 dosis doet zulks niet meer. Vaccin dat grotendeels geïnactiveerd virus bevat, immuniseert fretten onvoldoende, zelfs bij een hoeveelheid van 1/50 dosis. Fretten reageren op enting niet met onaangename verschijnselen, zelfs niet na enting met 1 hondedosis vaccin.

2402: O. Bosgra en H. Hoogendoorn: De enting van nertsen tegen infecties met „distemper"- en „hard pad"-virus (T. Diergeneesk. **81**, 659-666, 1956, no. 14).

In dit artikel worden proeven beschreven waarin nertsen worden geïmmuniseerd met actief, avirulent, op kippeëieren gekweekt vaccin tegen hondeziektevirus. Er werden verschillende doseringen van het vaccin toegepast, te weten 2, 1/5, 1/50 en 1/200 hondedosis, zonder dat nadelige gevolgen konden worden waargenomen. 25 dagen na de enting werden de dieren geïnfecteerd, een deel met virulent hondeziekte-, een ander deel met virulent „hard pad"-virus. De geënte dieren bleken volledig immuun te zijn. De controledieren, geïnfecteerd met hondeziekte, stierven alle onder typische verschijnselen, terwijl van die welke geïnfecteerd waren met „hard pad", een gedeelte stierf en een gedeelte herstelde na ernstig ziek te zijn geweest. Uit de genomen proeven alsmede uit de besproken literatuur, blijkt, dat een op kippeëieren gekweekt hondeziektevirusvaccin een solide immuniteit bij nertsen opwekt, zowel ten aanzien van hondeziekte als van „hard pad".

2403: H. J. J. van Boort, N. Warmoltz en J. E. Winkelman: Colour photography of

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

the human retina with a discharge flashlamp (Med. and biol. Illustr. **6**, 166-170, 1956, no. 3).

Beschrijving van een elektronische flitslamp, geheel vervaardigd van kwarts, die, door zijn bijzonder grote luminantie, zeer geschikt is als lichtbron bij het maken van kleurenfoto's van inwendige delen van het oog (het netvlies) met de camera van Zeiss-Nordenson. De tijd gedurende welke de lichtintensiteit groter is dan de helft van het maximum, bedraagt ca. 3,5 msec. De maximale luminantie is $1{,}5\times10^6$ stilb en de over de flitsduur geïntegreerde luminantie is 7400 stilbsec. Twee foto's, resp. genomen met de nieuwe flitslamp en met de conventionele koolboog als lichtbron, demonstreren de verbetering in scherpte die met de flitslamp wordt bereikt. De flitslamp kan ook worden gebruikt (bij geringer energieverbruik) voor het fotograferen van uitwendige delen van het oog (vgl. hiervoor Philips techn. T. **16**, 46-50, 1954).

2404*: J. M. Stevels en A. Kats: La représentation systématique des imperfections dans les réseaux silicium-oxygène (Verres et Réfractaires **10**, 129-134, 1956, no. 3).

Franse vertaling van een eerder in Philips Res. Rep. verschenen artikel; zie deze overzichten, no. **R 290.**

2405*: A. Kats en J. M. Stevels: L'effet des rayonnements X et U.V. sur les verres silicatés, la silice fondue et le quartz cristallin, I (Verres et Réfractaires **10**, 135-150, 1956, no. 3).

Franse vertaling van het eerste hoofdstuk van een eerder in Philips Res. Rep. verschenen artikel; zie deze overzichten, no. **R 291.**

2406*: K. Teer: Übertragungssysteme für das Farbfernsehen (Nachr.techn. Z. **9**, 196-198, 1956, no. 5).

Verkorte versie van een eerder in „Wireless Engineer" verschenen publikatie; zie deze overzichten, no. **2381.**

2407: P. Westerhof en J. A. Keverling Buisman: Investigations on sterols, VI. The preparation of dihydrotachysterol$_2$ (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **75**, 453-462, 1956, no. 5).

De bereidingswijzen van dihydrotachysterol$_2$, dat bestemd was om dienst te doen als standaard bij biologische experimenten, werden bestudeerd. De grootste opbrengst werd verkregen door reductie van tachysterol$_2$, met een overmaat aan alkalimetaal, opgelost in vloeibare ammoniak of gesuspendeerd in een secundair amine. Een voor het laboratorium geschikte methode om tachysterol$_2$ te bereiden, wordt eveneens beschreven.

2408: F. A. Kröger: Some optical and electrical measurements on blue fluorescent ZnS-Cl single crystals (Physica **22**, 637-643, 1956, no. 8).

Aan hexagonale ZnS-eenkristallen die enig chloor bevatten, zijn metingen gedaan betreffende de sterkte van de luminescentie, het fotogeleidingsvermogen, het Hall-effect, de thermoluminescentie en het thermogeleidingsvermogen. (De laatstgenoemde twee verschijnselen bestaan daarin dat de onderzochte kristallen, nadat zij bij 90 °K zijn blootgesteld aan ultraviolette straling, gedurende de daaropvolgende langzame verwarming tot kamertemperatuur een luminescentie, resp. een elektrisch geleidingsvermogen, vertonen, welke als functie van de temperatuur door een maximum gaat en vervolgens weer tot nul afneemt.) Bestudering van de experimentele resultaten leverden de volgende gegevens: a) bij kamertemperatuur is de beweeglijkheid der elektronen $\mu_c \approx 120$ cm^2 V^{-1} sec^{-1}; deze beweeglijkheid neemt af als de temperatuur toeneemt; b) de vangcentra voor elektronen die Cl^--ionen opleveren, hebben een diepte van ca. 0,24 eV; c) de ontsnappingsfrequentie voor deze centra is $s \approx 7\times10^{-4}$ sec^{-1}; d) de werkzame doorsnede is $\sigma \approx 3\times10^{-21}$ cm^2; e) er zijn recombinatiecentra („killers") met een energieniveau dat ca. 0,7 eV beneden de geleidingsband ligt.

2409: G. H. Jonker: Magnetic compounds with perovskite structure, IV. Conducting and non-conducting compounds (Physica **22**, 707-722, 1956, no. 8).

Experimenteel onderzoek naar de plaatsruilwisselwerking tussen magnetische ionen in kristallen met perofskietstructuur. Mengkristallen van $LaMnO_3$ met resp. Ca-, Sr- en $BaMnO_3$ werden onderzocht op hun kristallografische en hun magnetische eigenschappen. Er blijkt een duidelijke correlatie te bestaan tussen de kubische kristalstructuur en het optreden van ferromagnetisme. Uit de metingen volgt dat $LaMnO_3$ ferromagnetisch zou zijn indien de bij hoge temperaturen bestaande kubische structuur bij lage temperaturen gehandhaafd bleef. Uit een analyse van de paramagnetische Curietemperaturen der onderzochte verbindingen wordt een schatting gemaakt van de grootte der plaatsruilwisselwerkingen tussen de magnetische ionen. Tussen Mn^{3+}-ionen onderling blijkt deze wisselwerking matig positief (d.w.z. dat er neiging is tot

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

parallellisme van elektronenspins). De uit vroegere metingen getrokken conclusies dat tussen Mn^{3+}- en Mn^{4+}-ionen de wisselwerking sterk positief is en tussen Mn^{4+}- en Mn^{4+}-ionen negatief (neiging tot antiparallellisme van de spins) werden bevestigd. Om verdere gegevens te verkrijgen omtrent het verband tussen het elektrische geleidingsvermogen, dat optreedt bij kristallen die zowel Mn^{3+}- als Mn^{4+}-ionen bevatten, en het voorkomen van een positieve plaatsruilwisselwerking, werden mengkristallen van $LaMnO_3$ en $LaCrO_3$ en van $LaMnO_3$ en $BaTiO_3$ onderzocht. Het blijkt dat ook bij niet-geleidende stoffen de wisselwerking positief kan zijn.

2410: J. L. Meijering: Modellversuche über das Entstehen des Stapeldrahtgefüges in Wolfram (Warmfeste und korrosionsbeständige Sinterwerkstoffe, 2. Plansee-Seminar, 19-23 juni 1955, Reutte (Tirol), uitgegeven in 1956, blz. 305-312).

Beschrijving van modelproeven uitgevoerd ter ondersteuning van een hypothese om de grote invloed van verontreinigingen op de eigenschappen van wolfraam voor gloeidraden te verklaren. Deze proeven zijn ook beschreven in Philips techn. T. **19**, 109-117, 1957 (no. 4).

2411: J. L. Meijering: Erhöhung der Warmfestigkeit durch innere Oxydation von Legierungen (Warmfeste und korrosionsbeständige Sinterwerkstoffe, 2. Plansee-Seminar, 19-23 juni 1955, Reutte (Tirol), uitgegeven in 1956, blz. 405-410).

Rekristallisatie, korrelgroei en kruip worden in hoge mate vertraagd door inwendige oxydatie, mits het oxyde in zeer fijn verdeelde vorm optreedt. Grovere oxydatiedeeltjes hebben veel minder invloed op bovengenoemde eigenschappen, hoewel toch nog meer dan op de hardheid bij kamertemperatuur.

2412: B. Verkerk: Autoradiography in the study of surface phenomena (Nucleonics **14**, juli 1956, blz. 60-64, no. 7).

Autoradiografie is het maken van een fotografische afbeelding waarbij de emulsie wordt „belicht" door de straling van het in contact ermee gebrachte radioactief gemaakte object. Verstrooide straling uit het inwendige van dit object benadeelt de scherpte van het beeld. Indien men de radioactiviteit weet te beperken tot het oppervlak, b.v. door selectieve adsorptie of door elektrochemische uitwisseling, kan men een scheidend vermogen van enige microns bereiken. Als toepassing wordt een onderzoek beschreven naar de invloed van chloor op de eigenschappen van half geleidende aluminiumoxydelaagjes.

2413*: H. J. G. Meyer: Ionenschwingungsprobleme bei Uebergängen lokalisierter Elektronen in Halbleitern (Halbleiterprobleme III, redactie: W. Schottky, blz. 230-260; Vieweg & Sohn, Braunschweig 1956).

De inhoud van dit artikel is vrijwel gelijk aan die van de dissertatie van de auteur; zie deze overzichten no. **2374**.

2414: A. Claassen en L. Bastings: The photometric determination of copper by extraction as the diethyldithiocarbamate. Interferences and their elimination (Z. anal. Chem. **153**, 30-38, 1956, no. 1).

Twee methodes voor de fotometrische bepaling van koper door middel van het di-ethyldithiocarbaminaatcomplex werden op hun selectiviteit getoetst. Bij de eerste methode — extractie met chloroform uit een citraatoplossing met $p_H \approx 8{,}5$, waaraan ethyleendiaminetetra-azijnzuur (EDTA) was toegevoegd — storen de elementen: Hg^{II}, Ag, Au, Pt, Pd, Os, Sb^{III}, Te^{IV}, Tl^{III} en Bi. De storing door Hg^{II}, Ag, Pd, Sb^{III}, Te^{IV} en Tl^{III} kan echter door eenvoudige maatregelen worden voorkomen. Bij de tweede methode — extractie met een oplossing van looddi-ethyldithiocarbaminaat in chloroform uit een ammoniakale citraatoplossing — storen alleen Ag, Tl^{III}, Bi en Hg^{II}. De storing door de eerste drie dezer elementen kan op eenvoudige wijze worden voorkomen, zodat alleen kwik (in hoeveelheden boven 500 μg) als ernstig storend element resteert.

2415: H. O. Huisman, A. Smit, P. H. van Leeuwen en J. H. van Rij: Investigations in the vitamin A series, III. Rearrangement of the retro-system to the normal system of conjugated double bonds in the vitamin A series (Rec. Trav. chim. Pays-Bas **75**, 977-1006, 1956, no. 7).

Beschrijving van een nieuwe synthetische bereidingswijze voor vitamine A, een methode die gebaseerd is op de vrijwel volledige omzetting van het retro-systeem van dubbele bindingen tot het normale systeem van dubbele bindingen. De omzetting wordt verkregen door het retro-C_{15}-zuur en het retro-C_{20}-zuur door middel van fosfortrichloride in geschikte oplosmiddelen om te zetten in de corresponderende retro-zuurchlorides, welke vervolgens gemakkelijk overgaan in de zuurchlorides met het

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

normale systeem van geconjugeerde dubbele bindingen. De bedoelde zuurchlorides zijn respectievelijk β-ionylideenacetylchloride en vitamine-A-zuurchloride. Deze zuurchlorides worden met $LiAlH_4$ gereduceerd tot de corresponderende alcoholen, nl. β-ionylideen-ethanol en vitamine A. De fysische en de chemische eigenschappen van de tussenprodukten en de geometrische isomeren die bij de verschillende stappen worden verkregen, worden beschreven.

2416: F. A. Kröger, G. Diemer en H. A. Klasens: Nature of an ohmic metal-semiconductor contact (Phys. Rev. **103**, 279, 1956, no. 2).

Smith en Butler hebben verklaringen gegeven van het bestaan van een de wet van Ohm volgend contact tussen een metalen elektrode en een halfgeleider van type *n* met grote soortelijke weerstand. Deze verklaringen zijn niet geheel in overeenstemming met de experimentele feiten. Er wordt een andere verklaring voorgesteld, waarbij wordt aangenomen dat een dun laagje van de halfgeleider (gedacht wordt aan CdS) aan de grens met de elektrode sterk van type *n* wordt, b.v. doordat er driewaardige metaalionen uit de elektrode in het CdS diffunderen, of als gevolg van het elektronen- of ionenbombardement, waarvan men dikwijls gebruik maakt om het CdS-oppervlak schoon te maken alvorens de elektrodes aan te brengen.

2417: P. A. Neeteson: The vacuum tube as a network component in pulse circuits (T. Ned. Radiogenootschap **21**, 171-185, 1956, no. 4).

Overzicht, met toepassingsvoorbeelden, van een methode om het gedrag van elektronenbuizen in impulsschakelingen te bepalen. De buizen worden daarbij snel van de afgeknepen toestand in de geleidende toestand gebracht, en omgekeerd; zij werken dus in principe als schakelaars. Het artikel bevat daarom als inleiding enige beschouwingen over de invloed van het openen en sluiten van (ideale) schakelaars in netwerken. Zie ook het boek aangekondigd in Philips techn. T. **18**, 36, 1956 (no. 1).

2418: A. van Wieringen en N. Warmoltz: On the permeation of hydrogen and helium in single crystal silicon and germanium at elevated temperatures (Physica **22**, 849-865, 1956, no. 10).

Onderzoek naar de mate waarin silicium en germanium doorlatend zijn voor gassen, in het bijzonder voor waterstof en helium. Silicium werd onderzocht in het temperatuurgebied van 967-1207 °C, germanium in het gebied van 766-930 °C. Het onderzoek werd verricht aan cilinderwanden van ca. 0,2 mm dikte. De holle cilinders, de zg. „cellen", bestonden uit een enkel Si- of Ge-kristal. De voor de vervaardiging gebezigde techniek wordt beschreven. Er werden metingen gedaan aan twee soorten cellen; met beide soorten was het mogelijk door studie van „inschakelverschijnselen" de diffusiecoëfficiënt en de oplosbaarheid te bepalen en tevens de activeringsenergieën voor de diffusie en voor het oplossen te weten te komen. De gassen neon, argon en stikstof werden niet merkbaar doorgelaten. Het bleek dat waterstof in silicium in een snel-diffunderende atomaire vorm voorkomt, maar daarnaast mogelijk ook in de vorm van een verbinding, die minder beweeglijk is.

2419: N. W. H. Addink: Spectrochemical analysis by means of the D.C. carbon arc (Appl. Spectroscopy **10**, 128-137, 1956, no. 3).

Engelse vertaling van een eerder in het Duits verschenen artikel in Spectrochimica Acta **7**, 45-59, 1955; zie deze overzichten no. **2239**.

R 310: C. M. van der Burgt: Controlled crystal anisotropy and controlled temperature dependence of the permeability and elasticity of various cobalt-substituted ferrites (Philips Res. Rep. **12**, 97-122, 1957, no. 2).

Aan polykristallijne ringen van ferrietsoorten met de samenstelling $(M_{1-y}Zn_y)_{1-x}\ Co_xFe_2O_4$, waarin M een der tweewaardige metalen Ni^{2+} of Mn^{2+} of de tweewaardige groep $Li^{1+}_{\frac{1}{2}}\ Fe^{3+}_{\frac{1}{2}}$ voorstelt, werden metingen verricht als functie van de temperatuur in het gebied van −196 °C tot 120 °C en veelal hoger. Gemeten werden de dynamische elasticiteitsmodulus en de piëzomagnetische koppelingscoëfficiënt (beide terwijl in het materiaal de remanente magnetisatie aanwezig was), en bovendien de beginpermeabiliteit. Het is bekend dat voor kobaltferriet de constante K_1 van de zg. eerste-orde-kristalanisotropie groot is en positief (2 à 3×10^5 J/m³). Door een geringe hoeveelheid kobaltferriet in vaste oplossing op te nemen in ferrieten waarvoor $K_1 < 0$ (b.v. ferro-, nikkel-, mangaan- en vermoedelijk ook lithiumferriet), kan men dan ook bereiken dat K_1 nul wordt bij een temperatuur T_0 die, behalve van het basisferriet, nog afhangt van de hoeveelheid opgenomen kobaltferriet. Om T_0 bij kamertemperatuur te leggen, behoeft men, in het geval van ferroferriet, slechts ca. $\frac{1}{4}$ van de hoeveelheid kobaltferriet op te nemen als uit een lineaire interpolatie zou worden verwacht; in het geval van mangaanferriet moet men daarentegen ca.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!

www.freeservicemanuals.info 11/14/2023

viermaal zoveel kobaltferriet opnemen als zou worden verwacht. De krommen welke T_0 geven als functie van x (het kobaltgehalte), hebben voor alle gevallen globaal dezelfde vorm. Bij de temperatuur T_0, waar de kristalanisotropie is verdwenen, blijven slechts de inwendige-spanningsanisotropie en de inwendige-vormanisotropie over. Als functie van de temperatuur bestaat dus een zeker gebied waarin de materialen magnetisch en elastisch zacht zijn. De maxima die bij T_0 optreden in de permeabiliteit en in de compliantie (reciproke elasticiteitsmodulus) zullen, in verband met de algemene tendentie tot toenemen van deze grootheden met de temperatuur, gevolgd worden door vrijwel horizontaal verlopende gedeelten, waar dus de permeabiliteit en de elasticiteit nagenoeg onafhankelijk zijn van de temperatuur.

R 311: K. S. Knol: A thermal noise standard for microwaves (Philips Res. Rep. **12**, 123-126, 1957, no. 2).

Beschrijving van een thermische standaardruisbron voor het gebied van golflengten van 3 cm. De bron bestaat uit een golfgeleider van platina, afgesloten met een wig van keramisch materiaal en gebracht op de smelttemperatuur van goud. Tegen deze bron werd de Philips ruisbron K 50 A geijkt. De ruistemperatuur van de K 50 A bleek, met een nauwkeurigheid van 5%, gelijk te zijn aan 21 700 °K.

R 312: J. van den Boomgaard en K. Schol: The P-T-x phase diagrams of the systems In-As, Ga-As and In-P (Philips Res. Rep. **12**, 127-140, 1957, no. 2).

De fazediagrammen voor de systemen In-As, Ga-As en In-P werden bepaald, waarbij de vaste, de vloeibare en de gasvormige fazen betrokken werden. Bij In-As treedt een maximaal smeltpunt op van 943 $\pm$ 3 °C bij een arseendruk van 0,33 atm. Bij Ga-As is het maximale smeltpunt 1237 $\pm$ 3 °C bij een arseendruk van 0,9 atm. Bij In-P werd geschat dat het maximale smeltpunt 1062 $\pm$ 7 °C bedraagt en optreedt bij een fosfordruk van ca. 60 atm.

R 313: J. L. H. Jonker en Z. van Gelder: The internal resistance of a radiofrequency pentode (Philips Res. Rep. **12**, 141-175, 1957, no. 2).

De auteurs hebben, behalve de directe elektrostatische invloed die de anodepotentiaal heeft op de katodestroom — welke invloed in hoogfrequentiepentodes slechts gering is —, de invloed bestudeerd welke de reflecties van elektronen tegen de draden van het keerrooster en tegen de anode (secundaire emissie) hebben op de stroomverdeling tussen schermrooster en anode. De extra-ruimtelading welke door de gereflecteerde elektronen in de katoderuimte ontstaat, wordt in rekening gebracht. De gereflecteerde elektronen worden op dezelfde wijze als de oorspronkelijke elektronen verdeeld tussen anode en schermrooster. Men komt aldus tot een uitdrukking voor de anodestroom in de vorm van een convergerende reeks. Door deze reeks te differentiëren naar de anodespanning, vindt men de reciproke waarde van de inwendige weerstand van de buis. Het blijkt dat deze weerstand groot wordt als de reflectiecoëfficiënt van het keerrooster klein is, en dit kan men bewerkstelligen door de verhouding van draaddiameter en spoed voor dit rooster klein te maken. De effectieve potentiaal van het keerrooster moet laag gehouden worden. De berekende waarden van de inwendige weerstand van hoogfrequentiepentodes liggen ca. 40% boven de gemeten waarden. Neemt men in aanmerking dat zovele effecten gelijktijdig werkzaam zijn, dan mag men dit een bevredigende overeenkomst noemen.

Rectificatie

In het artikel „De submicroscopische structuur van "Ticonal" G magneetstaal" (Philips techn. T. **19**, 76-79, 1957, no. 3) moeten de beide foto's op bl. 78 worden verwisseld.

Digitized in Heiloo the Netherlands Not for sale!